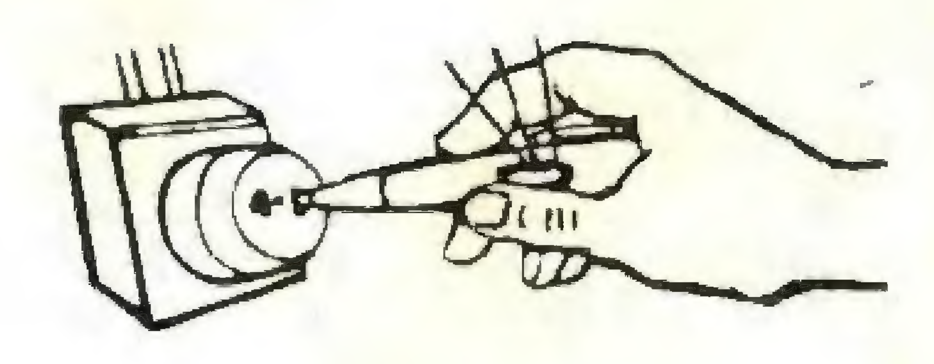
初级工人学习读物

家用电器用单相电动机原理与维修

秦崎 潘恬 编著

电工



机械工业出版社

目　　录

第一章 单相异步电动机

一、单相异步电动机的特点和用途

单相电动机通常只做成小型的，其容量从几瓦到几百瓦。由于只需单相220伏交流电源电压，故使用方便，应用广泛，并且有结构简单、成本低廉、噪声小、对无线电系统干扰小等优点，因而多用在小型动力和家用电器等设备上，如电钻、小型鼓风机、医疗器械、风扇、洗衣机、冰箱、冷冻机及电影放映机等，是日常现代化设备必不可少的驱动源。

二、单相异步电动机的工作原理

1. 电动机在单相情况下不能自行起动

人们在使用普通三相异步电动机的实践中，发现并制作了单相异步电动机。如图 1-1 所示，三相电动机在运转中，若有一相（如B相）断路，则其他两相绕组电流$I_A=I_C$，即流过单相电流，形同单相电动机运行。如果电动机的负载较大，则由于电流的增大，极易烧毁电动机；如果负载不大，电动机仍能继续运行。而当电动机停止运转后再接上电源，电动机便不能起动，只是发出嗡嗡声。这说明单相电流

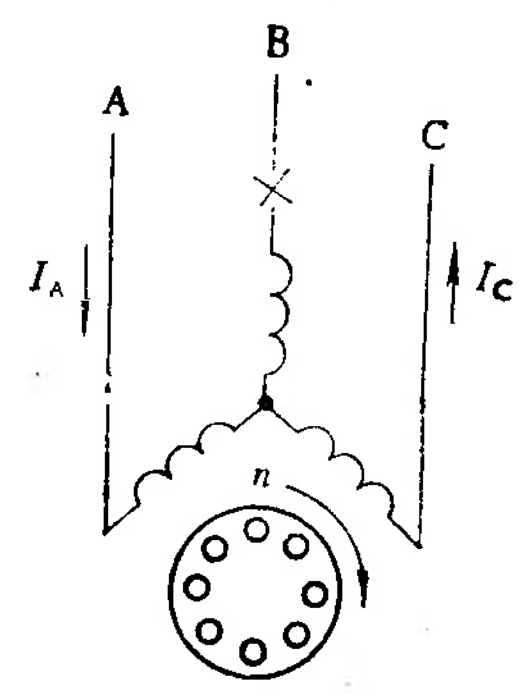


图1-1 三相电动机运转中缺一相形成单相运行情形

不能产生起动转矩，电动机在单相情况下是不能自行起动的。这是什么原因呢？且看下面的分析。

2. 单相电流在绕组中产生的磁势是脉振磁势，在空间并不形成旋转效应

由于单相电流的大小与方向呈周期性变化，如图1-2所示，即当电流由 0 $\xrightarrow{变到}$ 正最大(I_M) $\xrightarrow{变到}$ 0 $\xrightarrow{变到}$ 负最大($-I_M$) $\xrightarrow{变到}$ 0 时，单相绕组所建立的磁势，也是由 0 $\xrightarrow{变到}$ 正最大 $\xrightarrow{变到}$ 0 $\xrightarrow{变到}$ 负最大 $\xrightarrow{变到}$ 0 的脉振磁势，在空间并不形成旋转效应。即磁势轴线的位置是固定的，而空间各点磁势的大小都随着时间的变化而变化（磁势轴线是指空间上磁势最大的地方，即波幅处）。如果只考虑其中的基波分量，则在空间任意点 x 处的磁势可用下式表示：

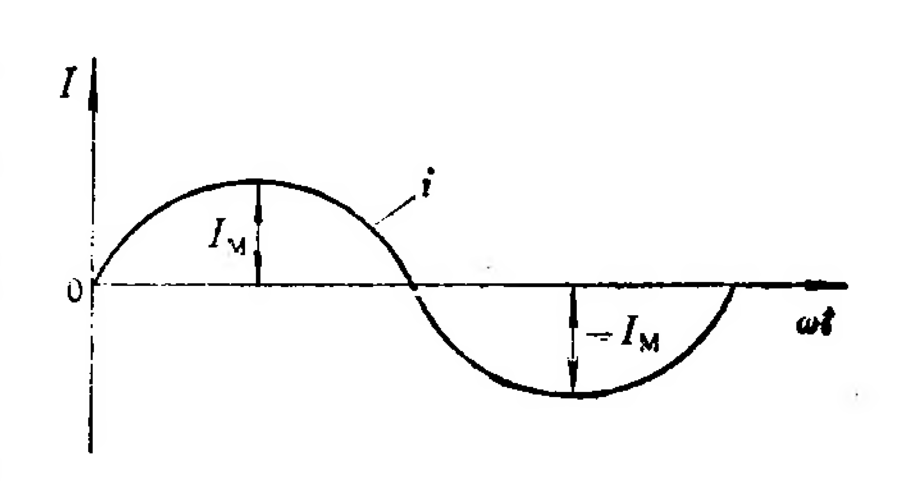


图1-2 单相交流电流变化曲线

$$f_{\varphi 1}=F_{\varphi 1}\cos x\cos\omega t$$
$$=\frac{1}{2}F_{\varphi 1}\cos(x-\omega t)+\frac{1}{2}F_{\varphi 1}\cos(x+\omega t)=f_1+f_2 \quad (1\text{-}1)$$

上式表明：一个脉振磁势$f_{\varphi 1}$可以看作两个相反方向旋转的旋转磁势f_1和f_2的合成，其幅值各为脉振磁势幅值$F_{\varphi 1}$的一半。如图1-3所示，f_1表示一个顺时针旋转的磁势，f_2代表一个逆时针旋转的磁势，它们的矢量和就是合成磁势$f_{\varphi 1}$。依次顺序观察图1-3中各图，不难看出，在不同的时刻，f_1、f_2虽转到不同的位置，但合成磁势$f_{\varphi 1}$始终在垂直位置，只是$f_{\varphi 1}$的大小在发生变化。这就证明了两个转向相反的旋转磁势可以合成为一个脉振磁势，或者说，一个单相绕组的脉振磁势可以分解成两个大小相等而转向

相反的旋转磁势。

3. 单相电动机的转矩为零

从产生磁势的观点看，我们可以把单相绕组看成是由两套三相定子绕组串接而成，如图1-4所示。这两套绕组的匝数完全一样，并流过同一电流，因而它们产生的旋转磁势幅值相等。但由于这两套绕组的相序不同，所以产生的旋转磁场转动方向正相反。

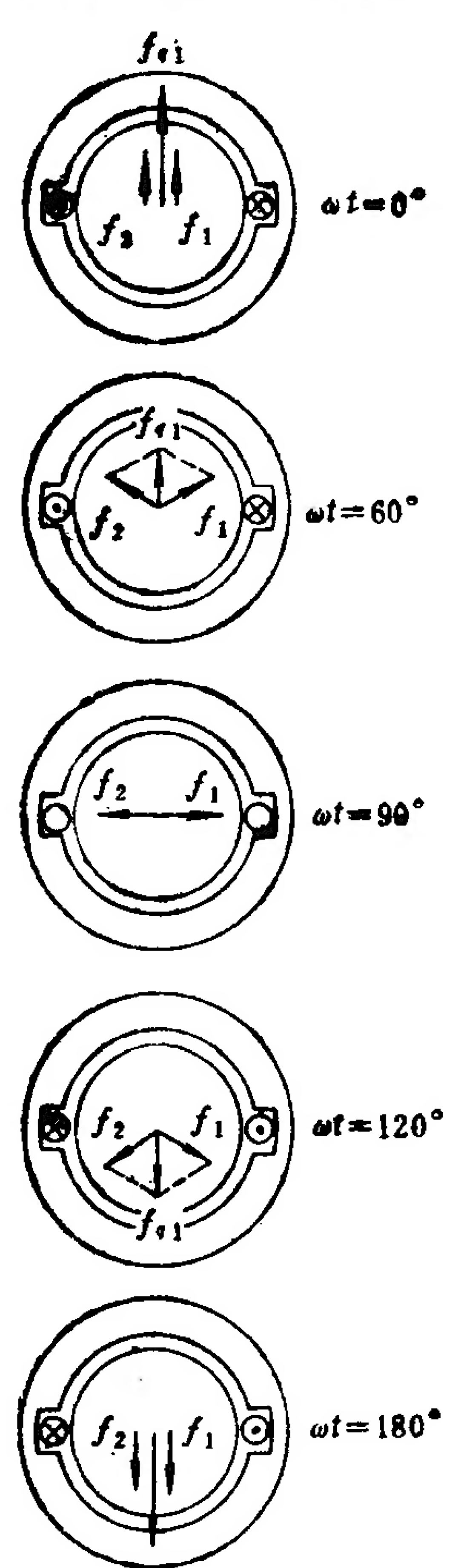


图1-3　脉振磁势的分解

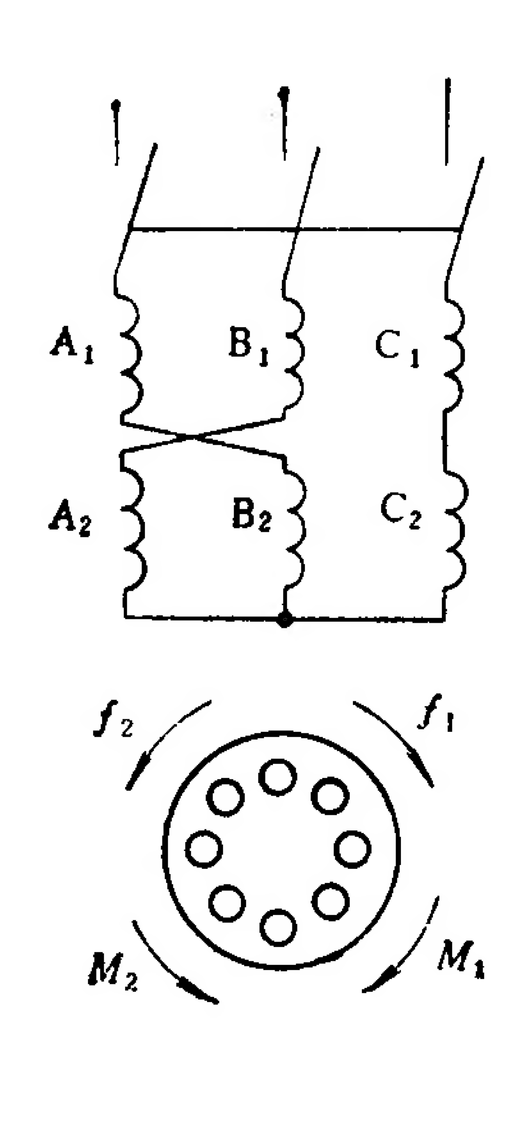


图1-4　相序不同的两套三相绕组串联时产生的合成转矩

当转子静止不转时，这两个大小相等、方向相反的旋转磁势分别产生旋转磁场切割转子导线，并分别在转子导体中感应出电动势及电流，产生转矩。顺时针的旋转磁场在转子中产生的转矩M_1企图使转子沿顺时针方向旋转，逆时针的旋转磁场所产生的转矩M_2企图使转子沿逆时针方向旋转。这两个磁场的大小相等，相对于转子的转速都是同步转速，它们在转子中产生的转矩大小相等，方向相反，其合成转矩为零。所以，当三相异步电动机缺相运转时，停止后就不能再起动。由此而知，单相电动机是不能够自行起动的。

4. 单相异步电动机的转动特点

如果用足够的外力，推动单相电动机转子，例如沿顺时针方向推动转子，则电动机就会产生一个顺时针方向的转动力矩，转子就会沿顺时针方向继续旋转，并逐步加速到稳定运行状态；如用外力使转子沿反时针方向转动一下，则电动机就会产生一个反时针方向的转动力矩，使转子反时针方向继续旋转，并逐步加速到稳定运行状态。这是单相异步电动机的一个显著特点。为什么会这样呢？让我们作进一步的分析。

对于单相电动机，一般把与转子同方向（图1-4中是顺时针方向）转的那个磁势定为正向，称之为正序磁势，用f_1表示；把与转子反方向转的那个磁势称为负序磁势，用f_2表示。转子相对于正序磁势的转差率为

$$s_1=\frac{n_1-n}{n_1}=s \tag{1-2}$$

转子相对于负磁势的转差率则为

$$s_2=\frac{n_1+n}{n_1}=\frac{n_1-(-n)}{n_1}=\frac{2n_1-(n_1-n)}{n_1}=2-s \tag{1-3}$$

式中　n_1——旋转磁场的同步转速；

n——转子转速。

在图1-4中，假定A_1、B_1、C_1三相绕组产生正序旋转磁势，它与转子组成的三相异步电动机，便产生正序转矩M_1；下面的一套三相绕组产生负序旋转磁势，它与转子组成的三相异步电动机，便产生负序转矩M_2。因此，转矩M_1与转差率s的关系曲线与普通的三相异步电动机类似；负序转矩M_2与转差率s的关系曲线相当于将$M_1=f(s)$曲线转过180°，如图1-5所示。

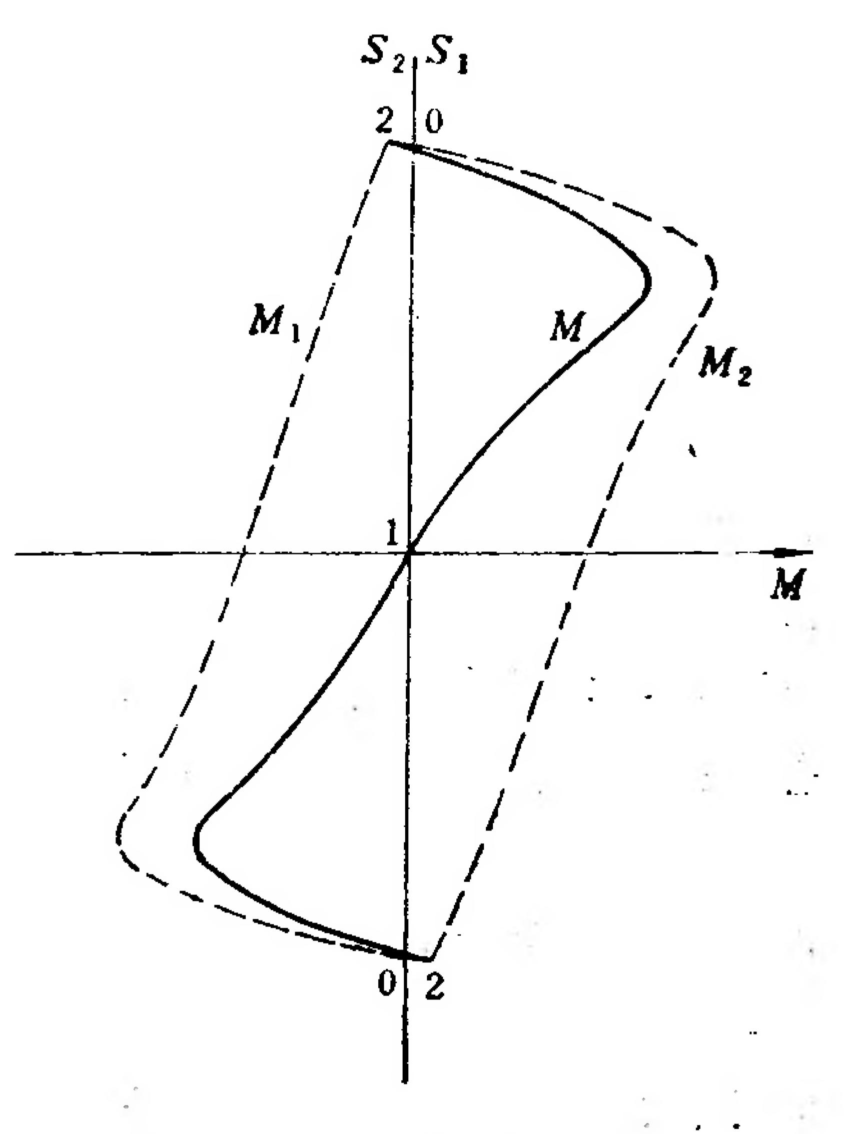


图1-5 转矩M与s关系曲线

当s_1在0～1的范围内，M_1为动力转矩，这时s_2在2～1的范围内，M_2为制动转矩；若电动机反向旋转时，s_2在0～1的范围内，M_2为动力转矩，s_1在2～1的范围内，M_1为制动转矩。

图1-5中画出了单相异步电动机的合成转矩M与转差率s的关系曲线，M为M_1与M_2的代数和。根据图中$M=f(s)$曲线可以看出，单相异步电动机有下列特点：

（1）在$s=1$时，正负转矩大小相等、方向相反，恰好相互抵消，其合成转矩$M=0$，因此，单相异步电动机没有起动转矩；

（2）在$s=1$点的两侧合成转矩是对称的，因此，单相电动机没有固定的转向，它的转动方向决定于起动时外加作用力矩

的方向。起动后有一定转速（即 $s \neq 1$），它自身就能产生一定的合成转矩。

三、单相异步电动机的基本类型及其起动方法

我们已经知道，单相电流不能产生起动转矩，因此单相电动机不能自行起动。为了使单相电动机起动，必须设法使单相电动机在起动时形成一个圆形旋转磁场效应，或者产生一个使正序旋转磁场增强、负序旋转磁场削弱的椭圆形磁场，如图1-6所示。为此，人们采取了几种不同的措施，如在单相电动机中设置起动绕组，使单相电动机主、辅绕组中流过不同相位的电流，形成两相旋转磁场效应，而达到了单相电动机起动的目的。根据起动方法的不同，单相电动机分成了不同的类型，常见的有以下几种：

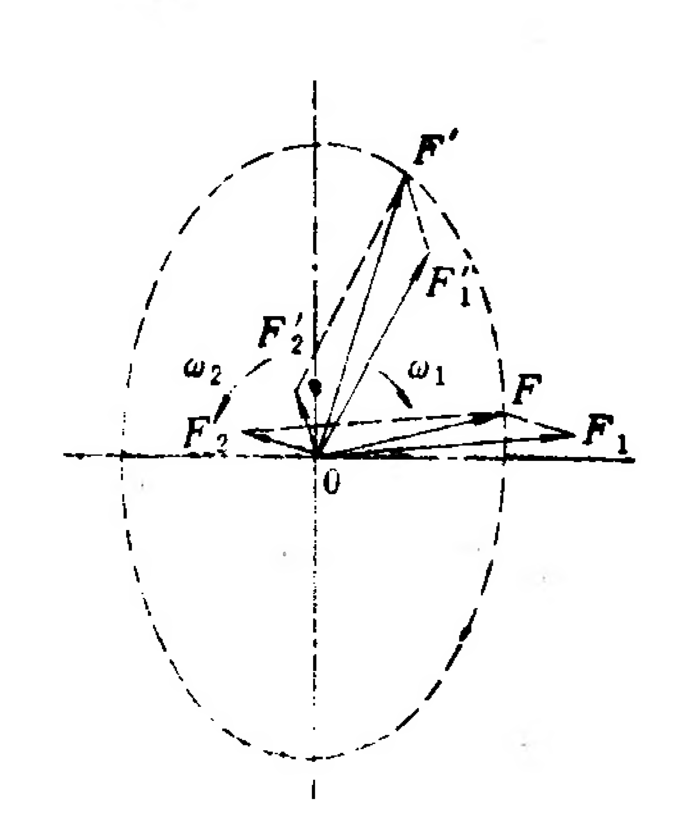


图1-6　单相异步电动机气隙合成椭圆磁场

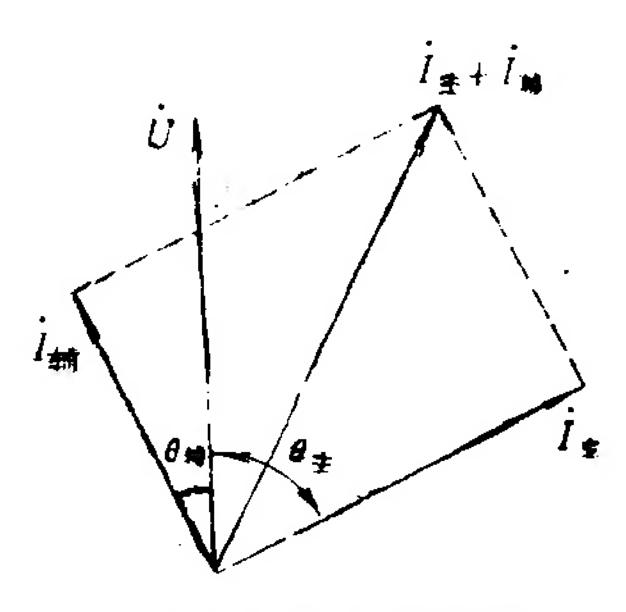
1．分相起动电动机

这种分相起动电动机分为电容分相起动和电阻分相起动两种。起动时，在辅助绕组中串以电容器，而运转时，加以切除的称为电容分相起动电动机，通称电容起动电动机；起动时，在辅助绕组中串以电阻或以其它办法增大辅助绕组电阻，而运转时，又使其脱离电源的称为电阻分相起动电动机，通称电阻起动电动机。

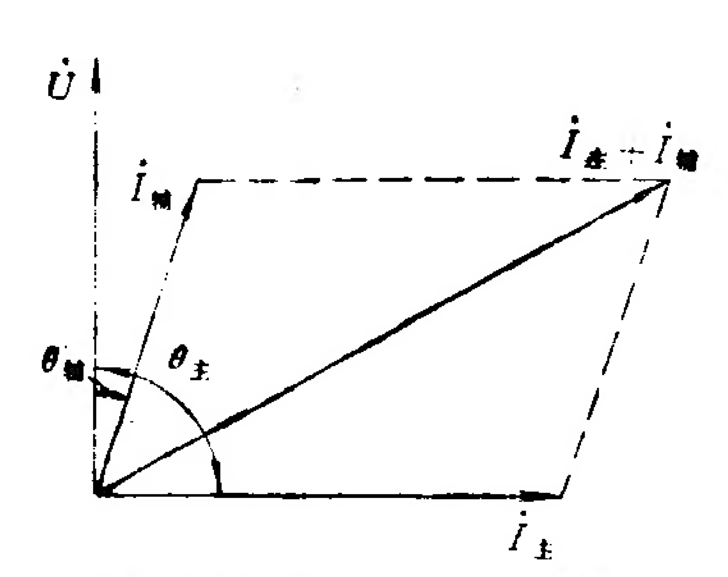
电容起动电动机起动时，电流相角差（$\theta_{主}-\theta_{辅}$）接近90°，如图1-7a所示，旋转磁场近似圆形，因此，有较大的起动转矩倍

数相较小的起动电流。

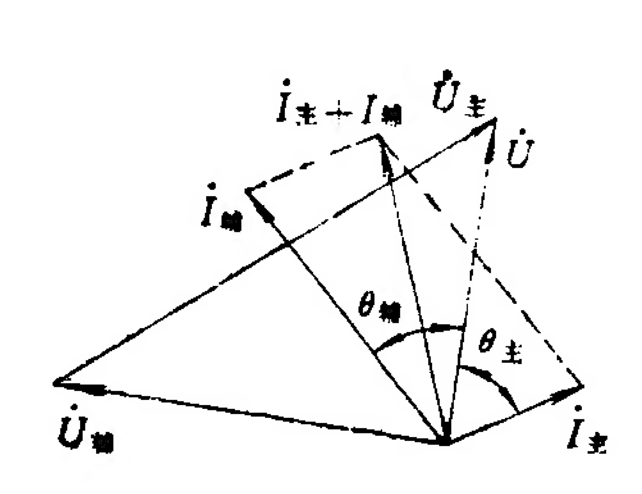
电阻起动电动机起动时，电流相角差（$\theta_{主}-\theta_{辅}$）为30°～40°，如图1-7b所示，椭圆旋转磁场较扁平，因此，具有中等起动转矩和较大的起动电流。



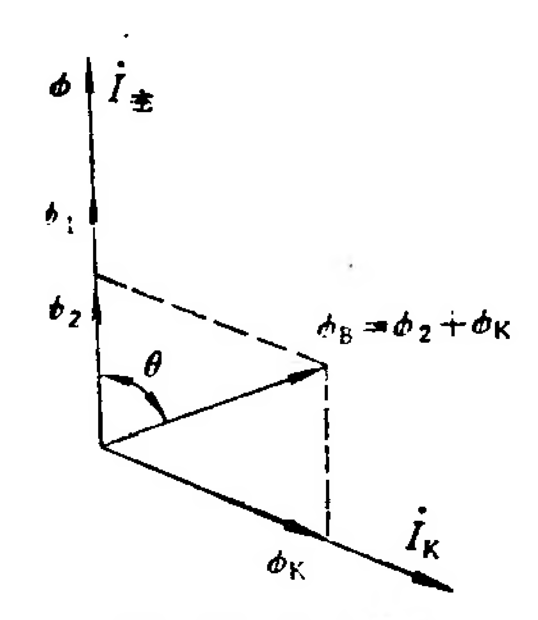
a）电容起动电动机起动时电流相量图



b）电阻起动电动机起动时电流相量图



c）电容运转电动机额定负载时电流相量图



d）罩极式电动机相量图

图1-7　单相异步电动机的相量图

2．电容运转电动机

这种电容运转电动机主、辅绕组长期参与运行，电动机参数的选择保证了额定负载时的磁场近似圆形，起动时磁场为椭圆，因此，电动机效率和功率因数较高，而起动转矩较低。电容运转电动机的电流相量图参见图1-7c所示。

3．双值电容电动机（即电容起动和运转电动机）

双值电容电动机的定子绕组与电容运转电动机相同。辅助绕组在起动时串接容量较大的电容器，而在运转后再利用开关串接一个容量较小的电容器。

双值电容电动机克服了电容运转电动机的缺点，即起动时因辅助绕组回路串入大容量电容器的原因而使磁场也近似圆形，所以，电动机效率、功率因数和起动转矩都较高。

4．罩极电动机

磁极的一部分用短路环（或罩极绕组）罩住，以获得起动转矩的电动机，称为罩极电动机。主绕组与罩极绕组的轴线在空间相差45°电角度，其绕组电流与磁通的相量图如图1-7d所示。图中$\dot{I}_K$为罩极绕组中感生电流，ϕ_B是罩极绕组中的合成磁通，θ即为主磁通ϕ与罩极磁通的相位差角。

四、单相异步电动机的结构

单相电动机主要结构与三相电动机差不多，由以下几个主要部分组成：

1．定子

定子结构有两种形式。较大容量的采用和三相电动机相似的结构，定子铁心也是用硅钢片叠压而成，铁心槽内嵌置有两套绕组。一套是主绕组，也称工作绕组或运行绕组。一套是辅助绕组，俗称起动绕组。两种绕组的中轴线应错开一定的电角度。

容量较小的则制成有凸极形状的铁心，磁极的一部分被短路环罩住。凸板上装有主绕组，一般为集中式绕组。

2．转子

单相电动机转子与三相异步电动机转子相同，转子铁心用硅钢片叠压而成，转子铁心槽内装有笼型绕组。

3．起动元件

起动元件串联在起动绕组线路中，它的作用是在电动机起动完毕后，切断起动绕组的电流。以往普遍采用离心开关，当转速达到70～80%同步转速时，离心开关切断，使起动绕组断电。现也有采用起动继电器的，它是利用流过继电器线圈的起动电流大小的变化，使继电器动作，将触点闭合或切断，从而达到接通或切断起动绕组电源的目的。这种方法较离心开关可靠。最简单的起动元件是按钮，将按钮接在起动绕组与电源的线路中，利用按钮的触头通断使起动绕组通电或断电。也有使用转换开关起动的。最新式的起动元件是“PTC”，它是一种能“通”或“断”的热敏电阻。

五、单相异步电动机的绕组和匝数计算

1．单相异步电动机分布绕组的形式及正弦绕组匝数分配计算

（1）单层同心式绕组　由于单相异步电动机的功率和定子铁心的内径都比较小，因此，常采用单层同心式绕组。它在制造、嵌线方面都比双层绕组简便。

对于分相电动机，有时，让主绕组占总槽数的2/3，辅绕组占总槽数的1/3，参见图1-10c，图中D_1、D_2为主绕组，F_1、F_2为辅助绕组。当主绕组占总槽数Z的2/3时，磁势曲线中的三次谐波被自行消除，但其他高次谐波，如五次、七次等，显得特别突出。如果设计不妥，在电动机起动过程中，往往会因谐波引起转矩陡降，使电动机“胶着”在某一较低的转速上运行，而达不到正常转速。

单层同心式绕组的电动机起动性能较差，但由于它的绕线和嵌线方便，所以，凡容量较小、定子铁心内径较小的电动机，由

于嵌线困难仍采用这种型式的绕组。

电容电动机，由于辅助绕组在起动后，并不切断电源，仍接在电源上工作，所以，主辅绕组所占的槽数应基本上相等。

单层绕组一般都是采用整距的，虽然有的绕组形式上是短距线圈，而实质上却是整距的。

（2）双层绕组　为了更有效地改善两相旋转磁场的波形，从而改善电动机的起动性能。与三相异步电动机一样，单相电动机也可以采用双层绕组，一般是采用缩短1/3极距的短距绕组，即 $y=\frac{2}{3}\tau$，参见图1-12c。但对于小型电动机来说，双层绕组嵌线困难，所以很少采用。

（3）正弦绕组　正弦绕组是一种高精度绕组，它是将单相电动机每极匝数按正弦规律分配到每极下的各个槽中，如图1-8、1-9所示，这种接法可以使磁势分布曲线接近于正弦波形。采用正弦绕组的单相电动机，由于气隙中磁场波形接近正弦，因此，可以消除或削弱单相电动机的附加转矩，大大改善了单相电动机的起动性能。此外，还可以减少电磁噪声和附加损耗，从而使单相电动机的其他性能也获得改善。

采用正弦绕组时，定子铁心槽数基本上按主绕组和辅助绕组对等分配，而且把两种绕组的导体按不同数量分布在定子各槽中。一般将主绕组各线圈边放在各槽的底层，辅助绕组各线圈边放在各槽的上层，上下层间垫以层间绝缘，这点与双层绕组类似。

此外，主、辅绕组大多均采用同心绕组，并且，两绕组的轴线在空间应该错开90°电角度。

现以一台磁极数 $2p=2$、定子槽数 $Z=18$ 的单相电动机为例，将主绕组相和辅助绕组相都分布为正弦绕组，看正弦绕组分

配的一般规律。其绕组展开图如图1-8所示。

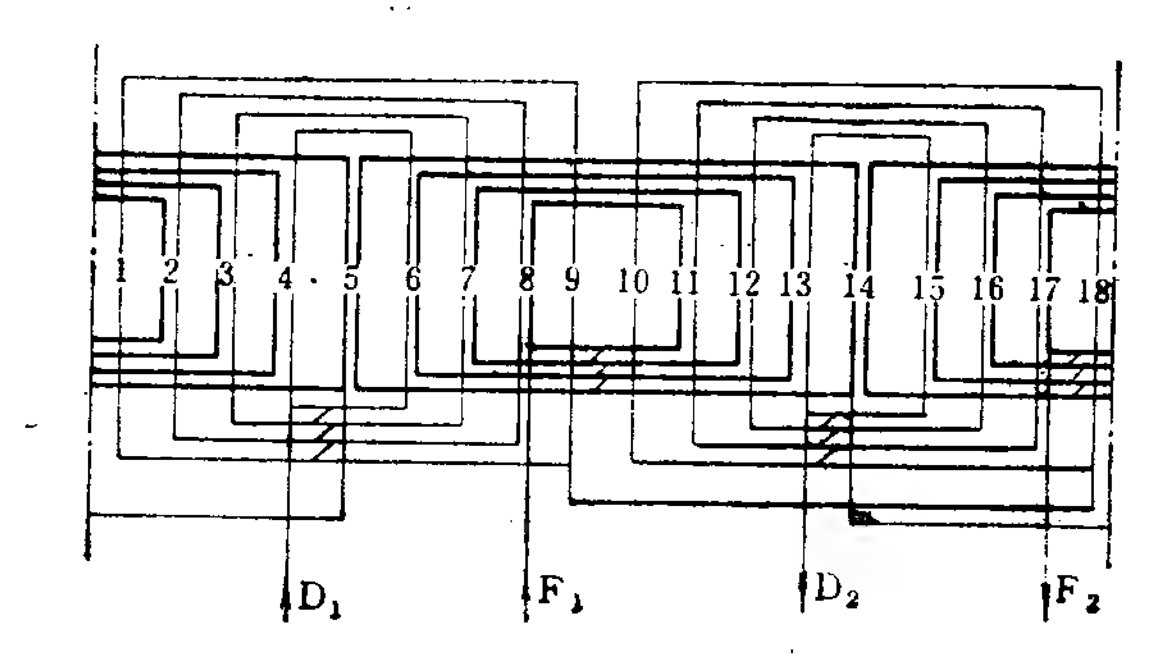


图1-8 单相两极正弦绕组展开图

正弦绕组每极下匝数分配可以这样进行：把每极匝数看作百分之百，然后根据各线圈节距一半的正弦值来计算各线圈匝数所应占每极匝数的百分比。例如此例中线圈跨距4-6，其节距为(6－4)＝2。由于该电机的极距 $\tau=\frac{z}{2p}=\frac{18}{2}=9$ 槽，相当于180°电角度，因为节距为2就相当于$\frac{2}{9}\times180°$电角度，节距的一半就相当于$\frac{2}{9}\times90°$电角度，节距一半的正弦值为：$\sin\left(\frac{2}{9}\times90°\right)=\sin20°=0.342$。

主绕组每极下各线圈节距一半的正弦值：

线圈4—6 节距一半的正弦值为

$$\sin\left(\frac{2}{9}\times90°\right)=\sin20°=0.342$$

线圈3—7 节距一半的正弦值为

$$\sin\left(\frac{4}{9}\times90°\right)=\sin40°=0.643$$

线圈2—8 节距一半的正弦值为

$$\sin\left(\frac{6}{9}\times 90^\circ\right)=\sin 60^\circ=0.866$$

线圈1—9 节距一半的正弦值为

$$\sin\left(\frac{8}{9}\times 90^\circ\right)=\sin 80^\circ=0.985$$

其每极下主绕组线圈正弦值的和为

$$0.342+0.643+0.866+0.985=2.836$$

线圈4—6的匝数占每极匝数的百分率为

$$\frac{0.342}{2.836}\times 100\%=12.1\%$$

线圈3—7的匝数占每极匝数的百分率为

$$\frac{0.643}{2.836}\times 100\%=22.7\%$$

线圈2—8的匝数占每极匝数的百分率为

$$\frac{0.866}{2.836}\times 100\%=30.6\%$$

线圈1—9的匝数占每极匝数的百分率为

$$\frac{0.985}{2.836}\times 100\%=34.6\%$$

辅助绕组每极下匝数分配的计算，必须说明，由于线槽 5 和线槽14放有两个辅助绕组的线圈，因此，线圈5—14只占正弦计算值的一半，即

线圈8—11 节距一半的正弦值为

$$\sin\left(\frac{3}{9}\times 90^\circ\right)=\sin 30^\circ=0.5$$

线圈7—12 节距一半的正弦值为

$$\sin\left(\frac{5}{9}\times 90^\circ\right)=\sin 50^\circ=0.766$$

线圈6—13 节距一半的正弦值为

$$\sin\left(\frac{7}{9}\times 90°\right)=\sin 70°=0.9397$$

线圈5—14 节距一半的正弦值为

$$\frac{1}{2}\sin\left(\frac{9}{9}\times 90°\right)=\frac{1}{2}\sin 90°=0.5$$

分极下辅助绕组线圈的正弦值总和为

$$0.5+0.766+0.9397+0.5=2.706$$

线圈8—11的匝数占每极匝数百分率为

$$\frac{0.5}{2.706}\times 100\%=18.5\%$$

线圈7—12的匝数占每极匝数百分率为

$$\frac{0.766}{2.706}\times 100\%=28.3\%$$

线圈6—13的匝数占每极匝数的百分率为

$$\frac{0.9397}{2.706}\times 100\%=34.7\%$$

线圈5—14的匝数占每极匝数的百分率为

$$\frac{0.5}{2.706}\times 100\%=18.5\%$$

计算举例

JYO A-4 180瓦、电压110/220伏、电容分相电动机，定子总槽数 $Z=24$，主绕组总串联导体数$N_A=1392$，辅助绕组总串联导体数$N_B=876$，主、辅绕组均排成正弦绕组，试计算分配于每极下各槽匝数。

解 计算步骤

1）计算槽距角

$$\alpha=\frac{360\times p}{Z}=\frac{360\times 2}{24}=30°\text{电角度}$$

2）计算极距

$$\tau=\frac{Z_1}{2p}=\frac{24}{4}=6\text{ 槽}$$

3）计算主绕组极下匝数

$$W_{Ap}=\frac{N_A}{2\times 2p}=\frac{1392}{2\times 4}=174\text{匝}$$

4）计算辅助绕组每极下匝数

$$W_{Bp}=\frac{N_B}{2\times 2p}=\frac{816}{2\times 4}=102\text{匝}$$

5）计算主绕组分配于每极下的匝数

图1-9a是该电动机正弦绕组展开图，计算时须注意线槽 1 和线槽 7 放有两个主绕组的线圈，因此线圈1-7只占正弦计算值的一半。

线圈3—5 节距一半的正弦值

$$\sin\left(\frac{2}{6}\times 90^\circ\right)=0.5$$

线圈2—6 节距一半的正弦值

$$\sin\left(\frac{4}{6}\times 90^\circ\right)=0.866$$

线圈1—7 节距一半的正弦值

$$\frac{1}{2}\sin\left(\frac{6}{6}\times 90^\circ\right)=0.5$$

每极线圈正弦值之和 0.5+0.866+0.5=1.866

线圈3—5的匝数占每极匝数的百分率为

$$\frac{0.5}{1.866}\times 100\%=26.8\%$$

线圈2—6的匝数占每极匝数的百分率为

$$\frac{0.866}{1.866}\times 100\%=46.4\%$$

线圈1—7的匝数占每极匝数的百分率为

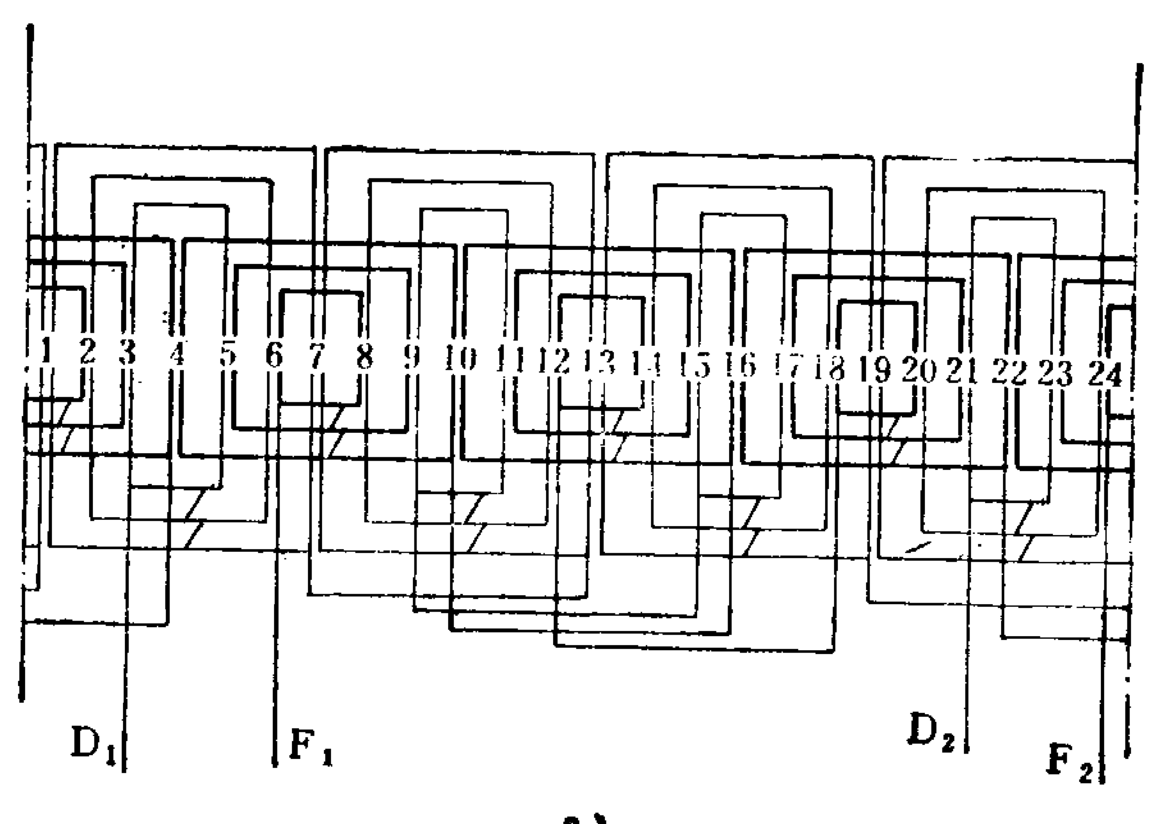
$$\frac{0.5}{1.866}\times 100\%=26.8\%$$

线圈3—5的匝数为

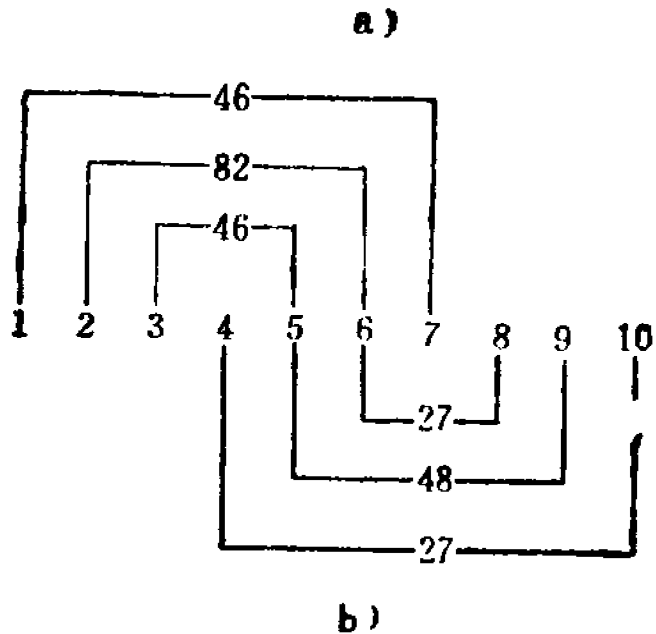
$$26.8\%W_{Ap}=\frac{26.8\times 174}{100}=46.5\text{匝}$$

线圈2—6的匝数为

$$46.4\%W_{Ap}=\frac{46.4\times 174}{100}=81\text{匝}$$



a)



b)

图1-9 JY09A-4型电动机正弦绕组

a) 展开图 b) 主、辅绕组匝数及节距标示图

线圈1—7的匝数为

$$26.8\% W_{Ap}=\frac{26.8\times 174}{100}=46.5\text{匝}$$

分别将三个线圈匝数取为46、82、46匝，它们的总和恰为174匝。

6）计算辅助绕组分配于每极下的匝数

此例中，辅助绕组各线圈节距与主绕组对应线圈节距（如线圈6—8与3—5对应等等）相等，因此，各线圈匝数占每极匝数的百分率与对应主绕组线圈一样，即线圈6—8为26.8%；线圈5—9为46.4%；线圈4—10为26.8%。各线圈实际匝数为

线圈6—8 $26.8\% W_{Bp}=\frac{26.8\times 102}{100}=27.4\text{匝}$

线圈5—9 $46.4\% W_{Bp}=\frac{46.4\times 102}{100}=47.5\text{匝}$

线圈4—10 $26.8\% W_{Bp}=\frac{26.8\times 102}{100}=27.4\text{匝}$

三个线圈的匝数分别取为27、48、27匝，它们之和正好为102匝。主、辅绕组每极下各线圈节距与匝数如图1-9b。

综上所述，正弦绕组各线圈匝数不等，使绕组复杂，各槽的槽满率也不一样，有些槽的槽满率比较低，因此，铁心的利用率较差，这是正弦绕组的主要缺点。但是，由于它能改善电动机的起动特性，故我国生产的单相电动机多采用正弦绕组。各种单相电动机的铁心和线圈的技术数据及其正弦绕组匝数排列方法分别参看表1-1、表1-2和表1-3。

2. 单相电动机绕组总匝数估算

（1）主绕组　主绕组是决定电动机运行特性的主要因素。主绕组串联匝数w_c可由下面的公式求出：

表1-1a　JY系列单相电动机铁心和线圈的技术数据

型号	功率(瓦)	满载电流(安)	空载电流(安)	起动电流 110伏(安)	起动电流 220伏(安)	极数	额定转速(转/分)	电压(伏)	定子外径(毫米)	定子内径(毫米)	定子轭厚(毫米)
JY2A-4	800	6.85 6.70	4.65 4.35			4	1440	110/220	160	95	13.5
JY2B-4	600	4.87 4.88	3.72 3.84			4	1440	110/220	160	95	13.5
JY1A-2	600			28	56	2	2900	110/220	145	75	
JY1B-2	400	3.32 3.42	2.02 2.38	20	40	2	2900	110/220	145	75	19.4
JY1A-4	400	3.64 3.69	2.35 2.60	20	40	4	1440	110/220	145	85	12.0
JY1B-4	250	2.90 2.80	2.45 2.40	14	28	4	1440	110/220	145	85	12.0
JY09A-2	250	2.40	1.65 1.70	14	28	2	2900	110/220	120	60	16.0
JY09B-2	180	1.80 1.82	1.30 1.36	12	24	2	2900	110/220	120	60	16.0
JY09A-4	180	2.25 2.50	2.00 2.20	12	24	4	1400	110/220	120	71	14.0

型号	铁心长度(毫米)	定子槽数	转子槽数	气隙长度(毫米)	主绕组总串联导体数(根)	辅绕组总串联导体数(根)	主绕组线径(毫米)	辅绕组线径(毫米)	主绕组线重(千克)	辅绕组线重(千克)	电容器容量(微法)	电容器电压(伏)
JY2A-4	88	36	42	0.315 0.325	768	480	1.25	0.90	1.48	0.492	400	122
JY2B-4	78	36	42	0.3	928	576	1.08	0.86	1.27	0.51	400	100
JY1A-2	65						1.0	0.62				
JY1B-2	48	24	30	0.35	928	744	0.93	0.90	1.04	0.72	200	115
JY1A-4	65	36	42	0.265 0.3	1200	820	0.93	0.64	1.04	0.348	200	110
JY1B-4	48	36	42	0.29 0.3	1472	744	0.80	0.80	0.825	0.355	200	114
JY09A-2	56	24	18	0.3	992	744	0.69	0.69	0.56	0.392	150	110
JY09B-2	48	24	18	0.3	1208	716	0.68	0.64	0.625	0.308	150	107
JY09A-4	62	24	22	0.25	1392	816	0.64	0.59	0.52	0.246	150	105

表1-1b JY系列单相电动机正弦绕组排列方法

型号	主绕组节距与匝数	辅绕组节距与匝数
JY2A-4 800瓦 110/220伏	64, 56, 40, 24 1 2 3 4 5 6 7 8 9	21, 40, 32 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14
JY2B-4 600瓦 110/220伏	68, 62, 52, 42, 24 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12	50, 46, 40, 31, 19 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18
JY1B-2 400瓦 110/220伏	82, 76, 64, 50, 30 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12	48, 45, 39, 28, 19 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18
JY1A-4 400瓦 110/220伏	46, 82, 16 1 2 3 4 5 6 7	27, 48, 27 4 5 6 7 8 9 10
JY1B-4 250瓦 110/220伏	32, 30, 22, 12 1 2 3 4 5 6 7 8 9	14, 26, 20 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14
JY09A-2 250瓦 110/220伏	40, 36, 26, 14 1 2 3 4 5 6 7 8 9	16, 31, 25 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14
JY09B-2 180瓦 110/220伏	62, 58, 50, 28, 24 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12	50, 46, 40, 31, 19 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18
JY09A-4 180瓦 110/220伏	48, 44, 32, 18 1 2 3 4 5 6 7 8 9	24, 46, 37 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14

表1-2a JZ系列单相电动机铁心和线圈的技术数据

型号	容量（瓦）	满载电流（安）	空载电流（安）	起动电流（安）	起动转距/额定转矩	极数	额定转速（转/分）	电压（伏）	定子外径（毫米）	定子内径（毫米）	定子轭厚（毫米）
JZ1B-2	400	1.39	3.02	28	1.25	2	2900	220	145	75	20.255
JZ1A-4	400	2.25	3.45	28	1.25	4	1440	220	145	85	21.725
JZ1B-4	250	2.0	2.65	28	1.25	4	1440	220	145	85	20
JZ09A-2	250	1.4	2.27	19	1.25	2	2900	220	120	60	14.85
JZ09B-2	180	1.3	1.81	14	1.4	2	2900	220	120	60	14.85
JZ09A-4	180	1.52	2.07	14	1.4	4	1440	220	120	71	15.9
JZ09B-4	120	1.25	1.55	12	1.5	4	1440	220	120	71	15.9
JZ08A-2	120	0.785	1.20	12	1.6	2	2820	220	102	58	14.065
JZ08B-2	90	0.555	0.73	9	1.6	2	2820	220	102	58	14.065
JZ08A-4	90	1.05	1.3	9	1.6	4	1400	220	102	58	10.45
JZ08B-4	60	0.76	0.92	7	1.6	4	1400	220	102	58	10.45

型号	铁心长度（毫米）	定子槽数	转子槽数	气隙长度（毫米）	主绕组总串联导体数（根）	辅绕组总串联导体数（根）	主绕组线径（毫米）	辅绕组线径（毫米）	主绕组线重（千克）	辅绕组线重（千克）
JZ1B-2	48	24	30	0.35	1072	532	0.90	0.44	1.12	0.124
JZ1A-4	65	36	42	0.30	1208	592	0.93	0.44	1.06	0.12
JZ1B-4	48	36	42	0.30	1520	896	0.80	0.35	0.85	0.10
JZ09A-2	56	24	18	0.30	1100	638	0.69	0.38	0.62	0.11
JZ09B-2	48	24	18	0.30	1208	792	0.68	0.31	0.628	0.08
JZ09A-4	62	24	22	0.25	1488	976	0.64	0.33	0.556	0.0922
JZ09B-4	48	24	22	0.25	1900	920	0.55	0.31	0.462	0.0675
JZ08A-2	60	24	18	0.25	1360	700	0.55	0.33	0.444	0.087
JZ08B-2	46	24	18	0.25	1765	724	0.51	0.31	0.45	0.086
JZ08A-4	60	24	22	0.25	2000	1072	0.51	0.27	0.428	0.0617
JZ08B-4	46	24	22	0.25	2688	1192	0.44	0.27	0.376	0.0595

表1-2b JZ系列单相电动机正弦绕组排列方法

型号	主绕组节距与匝数	辅绕组节距与匝数
JZ1B-2 400瓦 220伏	72 67 57 44 28 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12	36 32 29 22 14 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18
JZ1A-4 400瓦 220伏	53 47 35 16 1 2 3 4 5 6 7 8 9	17 32 25 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14
JZ1B-4 250瓦 220伏	66 58 42 24 1 2 3 4 5 6 7 8 9	25 48 39 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14
JZ0[illegible]A-2 250瓦 220伏	74 69 59 45 28 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12	43 40 34 28 16 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18
JZ09B-2 180瓦 220伏	82 76 64 50 30 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12	53 50 42 33 20 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18
JZ09A-4 180瓦 220伏	50 86 50 1 2 3 4 5 6 7	33 56 33 4 5 6 7 8 9 10

(续)

型　　号	主绕组节距与匝数	辅绕组节距与匝数
JZ09B-4 120瓦 220伏	63, 111, 63 1 2 3 4 5 6 7	31, 53, 31 4 5 6 7 8 9 10
JZ08A-2 120瓦 220伏	128, 113, 84, 40 1 2 3 4 5 6 7 8 9	32, 61, 50, 32 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14
JZ08B-2 90瓦 220伏	171, 151, 112, 60 1 2 3 4 5 6 7 8 9	33, 63, 52, 32 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14
JZ08A-4 90瓦 220伏	67, 116, 67 1 2 3 4 5 6 7	36, 62, 36 4 5 6 7 8 9 10
JZ08B-4 60瓦 220伏	90, 156, 90 1 2 3 4 5 6 7	40, 69, 40 4 5 6 7 8 9 10

表1-3a JX系列单相电动机铁心和绕组的技术数据

型号	容量(瓦)	满载 主绕组电流(安)	满载 辅绕组电流(安)	极数	额定转速(转/分)	电压(伏)	定子外径(毫米)	定子内径(毫米)	定子轭厚(毫米)	铁心长度(毫米)	定子槽数
JX07A-2	90	0.7		2	2850	220	94	48		45	18
JX07B-2	60	0.45		2	2850	220	94	48		36	18
JX07A-4	60	0.48		4	1400	220	94	48		45	18
JX07B-4	40	0.38		4	1400	220	94	48		36	18
JX06A-2	40	0.226	0.198	2	2820	220	84	42	11	45	16
JX06B-2	25	0.162	0.149	2	2820	220	84	42	11	35	16
JX06A-4	25	0.447	0.252	4	1350	220	84	42	11	45	16
JX06B-4	15	0.225	0.1573	4	1350	220	84	42	11	35	16
JX05A-2	15	0.197	0.159	2	2750	220	71	36	8	42	16
JX05B-2	8	0.1052	0.0731	2	2750	220	71	36	8	30	16
JX05A-4	8	0.207	0.115	4	1300	220	71	36	8	42	16
JX05B-4	4	0.1492	0.1117	4	1300	220	71	36	8	30	16

型号	转子槽数	气隙长度(毫米)	主绕组总串联导体数(根)	辅绕组总串联导体数(根)	主绕组线径(毫米)	辅绕组线径(毫米)	主绕组线重(千克)	辅绕组线重(千克)	电容器容量(微法)	电容器电压
JX07A-2		0.28							10	
JX07B-2		0.28							6	
JX07A-4		0.23							8	
JX07B-4		0.23							6	
JX06A-2	10	0.25	2320	2320	0.27	0.27	0.15	0.15	2	240
JX06B-2	10	0.25	2980	2980	0.23	0.23	0.128	0.128	1.5	245
JX06A-4	10	0.25	3300	3300	0.23	0.23	0.117	0.117	2.5	265
JX06B-4	10	0.25	4800	4800	0.20	0.20	0.109	0.109	1.5	275
JX05A-2	10	0.25	2824	2824	0.20	0.20	0.0985	0.0985	1	234
JX05B-2	10	0.25	4280	4280	0.15	0.15	0.0676	0.0676	0.75	237
JX05A-4	10	0.25	4560	5250	0.18	0.19	0.096	0.11	1	262
JX05B-4	10	0.25	6400	6400	0.16	0.15	0.0806	0.0708	1	262

表2-3b JX系列单相电动机正弦绕组排列方法

型　　号	主绕组节距与匝数	辅绕组节距与匝数
JX06A-2 40瓦 220伏	240 204 136 1 2 3 4 5 6 7 8	273 232 155 5 6 7 8 9 10 11 12
JX06B-2 25瓦 220伏	308 262 175 1 2 3 4 5 6 7 8	308 262 175 5 6 7 8 9 10 11 12
JX06A-4 25瓦 220伏	206 206 1 2 3 4 5	206 206 3 4 5 6 7
JX06B-4 15瓦 220伏	300 300 1 2 3 4 5	300 300 3 4 5 6 7
JX05A-2 15瓦 220伏	290 250 166 1 2 3 4 5 6 7 8	290 250 166 5 6 7 8 9 10 11 12
JX05B-2 8瓦 220伏	440 375 252 1 2 3 4 5 6 7 8	440 376 252 5 6 7 8 9 10 11 12
JX05A-4 8瓦 220伏	570 1 2 3 4	656 3 4 5 6
JX05B-4 4瓦 220伏	800 1 2 3 4	800 3 4 5 6

$$w_C = \frac{K_E U_e \cdot 10^8}{4.44 f \phi_1 K_{w1}}$$

式中U_e为额定电压，f为电源频率，ϕ_1为气隙磁通，$K_{w1} = K_{p1}K_{y1}$为绕组系数，K_E为降压系数。

由于单相异步电动机功率较小以及其他特点，一些参数的选择和三相异步电动机是有区别的。现介绍主绕组匝数w_C的估算过程，也就是说明上式中K_E、ϕ_1、K_{w1}的求法。

降压系数K_E的取法：

单相电动机的压降系数一般约在0.75～0.95范围内。当电动机功率较小时，K_E应取得小些（例如30瓦的电动机可取0.8，180瓦的电动机可取0.92）。

磁通ϕ_1的估算方法：

1）选取气隙磁通密度B_δ　由于单相电动机功率小，B_δ用得较小，1000瓦以下的单相异步电动机，当极数$2p=2$时，B_δ取3500～3600高斯；$2p=4$时，B_δ取5000～7800高斯。功率越小的电动机，B_δ值则应取得越低。

2）计算极距　极距 $\tau = \frac{\pi D}{2p}$，式中D是定子铁心内径（厘米）。

3）选取有效极弧系数α_δ　所谓"有效极弧系数"α_δ，即空气隙磁通密度平均值与最大值的比。α_δ在0.66～0.73范围内，一般估计时，取$\alpha_\delta=0.67$。

4）根据$\phi_1=\alpha_\delta \tau l B_\delta$来计算气隙磁通$\phi_1$（麦）　式中$l$是铁心长度（厘米）。

绕组系数K_{w1}可以这样来选：

对单层整距分布绕组，K_{w1}取0.9；

对正弦绕组，K_{w1}取0.78左右；

对集中绕组，K_{w1}取1。

在K_E、ϕ_1、K_{w1}都选定以后，就可以用前面求w_C的式子算出主绕组匝数的估计值w_C。

（2）起动绕组　起动绕组匝数w_A的计算比较复杂，一般可用下面的方法估算：

对于采用正弦绕组的电阻分相电动机（如JZ、BO型等），w_A取$0.5\sim0.6w_C$。起动绕组导线的截面积约为主绕组导线截面积的1/3至1/4左右。

对于采用正弦绕组的电容分相电动机（如JY、CO型等），可以取w_A为$0.5\sim0.7w_C$。起动绕组导线的截面积等于主绕组导线截面积乘以0.5～1的系数。如果槽的面积足够大，系数可以取大一些，直至1。这样，万一离心开关失灵，起动绕组还不至于过热。

对于采用正弦绕组的电容电动机（如JX、DO型等），可取$w_A=w_C$。起动绕组导线截面积等于或接近主绕组导线截面积。

对于采用单层同心式绕组分相电动机，起动绕组只占用1/3定子槽数。如无特殊要求，其匝数大致可取得与主绕组相同，但其导线截面积是主绕组的一半或再小些。

在线圈匝数计算完以后，还需要对导线占用面积最多的槽核算一下槽满率，若太紧或太松，再作适当调整。

举例　有一台电容分相电动机，180瓦、4极，220伏，定子内径$D=7.1$厘米。铁心长度$l=6.2$厘米，定子24槽，转子22槽。估算其定子绕组匝数的程序如下：

1）取压降系数 $K_E=0.92$；

2）取气隙磁通密度 $B_\delta=7200$高斯

3）计算极距 $\tau=\dfrac{\pi D}{2p}=\dfrac{3.14\times7.1}{4}=5.58$厘米

4）取有效极弧系数 $\alpha_\delta=0.67$；

5）求出气隙磁通 $\phi_1=\alpha_\delta\tau lB_\delta$

$=0.67\times5.58\times6.2\times7200=167000$麦；

6）采用正弦绕组，估计主绕组系数 $K_{w1}=0.78$；

7）算出主绕组串联匝数$w_C=\dfrac{K_E U_N\times10^8}{4.44f\phi_1K_{w1}}$

$$=\frac{0.92\times220\times10^8}{4.44\times50\times167000\times0.78}$$

$=700$匝

8）取$w_A=0.6w_C$，求出起动绕组串联总匝数 $w_A=0.6\times700=420$匝

六、单相异步电动机绕组展开图的基本画法与实用快速画法

我们在具体修理单相电动机的时候，除了运用已掌握了的异步电动机的工作原理、基本类型、起动方法及绕组的匝数计算，来进行分析计算之外，还要善于将分析与计算结果描绘成展开图和接线图，这是单相电动机乃至三相电动机修理的重要步骤。下面就绕组的不同型式来介绍几种展开图的画法。

1．单相单层同心式绕组的展开图和接线图的画法

单相电动机定子中有两相绕组，一相为主绕组D，另一相为辅助绕组F。为了产生两相旋转磁场，安置绕组时应使主绕组D的轴线和辅助绕组F的轴线在空间互差90°电角度。主、辅绕组所占的定子槽数按下列情况决定：

对于分相电动机（电阻分相和电容分相），在电动机起动起来后，辅助绕组将被切除，一般安排辅绕组只占定子总槽数的$\frac{1}{3}$，而主绕组只占定子槽数的$\frac{2}{3}$，这样分配槽数有利于改善磁场波形，从而改善电动机的起动性能。

对于电容运转电动机，由于起动后并不切断辅助绕组电源，

辅助绕组和主绕组一样长期接在电源上工作，这种电动机的两相绕组各占定子总槽数的一半。

现以$2p=4$、$Z_1=24$槽为例，说明单相电动机单层同心式绕组展开图的一般规律及其画法。

（1）画线槽与标号　画线槽与标号，首先在纸上画出24根等距离的平行线代表24个线槽，并用数字1、2、3、……24标上线槽的序号，如图1-10a所示。

（2）等分槽数并分相　按电动机极数$2p=4$来分槽数，每等分代表一个磁极极距，即180°电角度，每极距下有6个线槽，标以相同方向的箭头代表电流方向，例如极距τ_1和τ_3范围内的线槽电流方向向上，τ_2和τ_4极面下箭头方向向下。然后按主绕组和辅绕组占定子总槽数的比例，把每

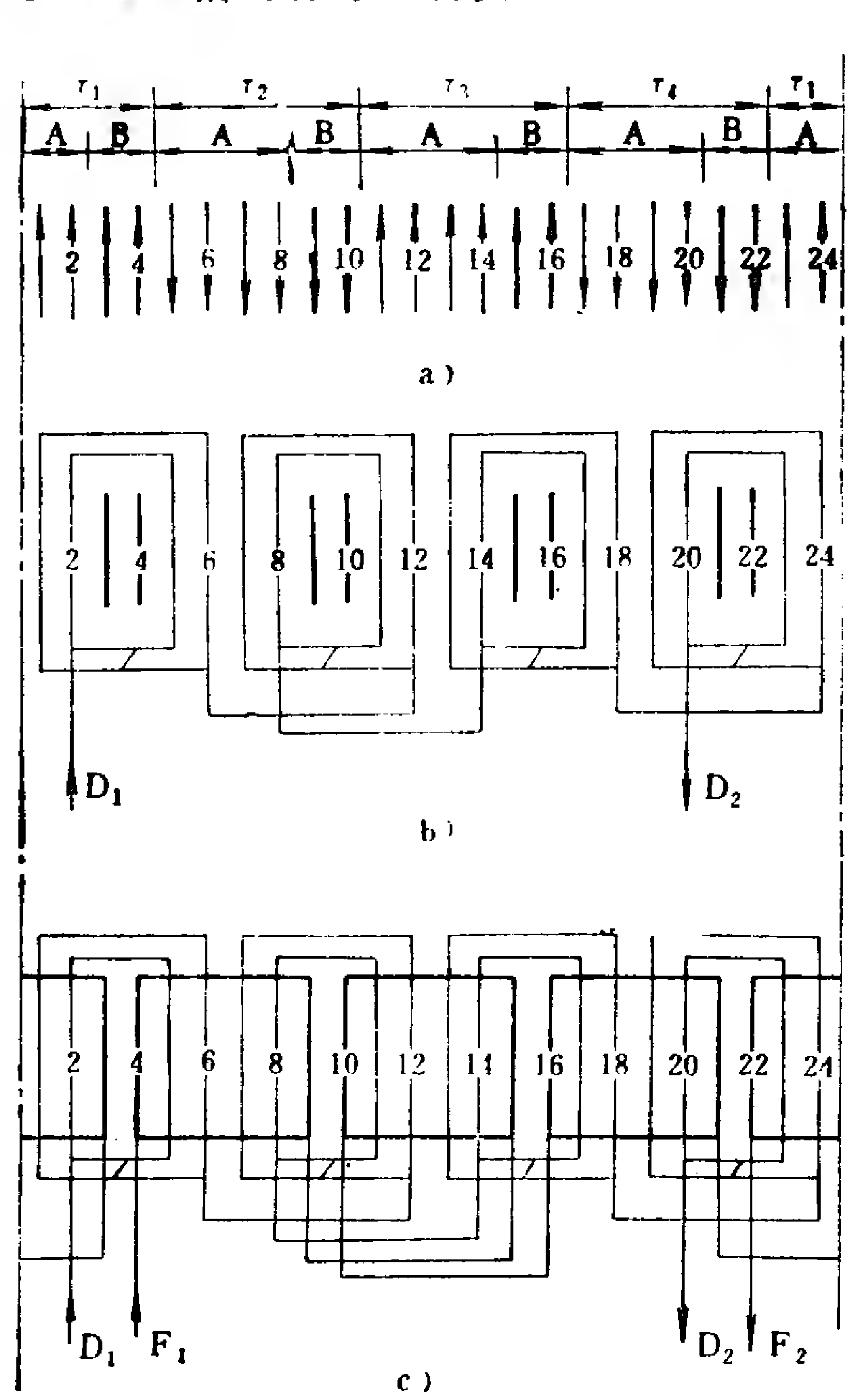


图1-10　单相4极24槽单层同心式绕组展开图画法步骤

极下的槽数分为两部分，本例中，设主绕组相占定子总槽数的2/3，即每极下占线槽数为$\frac{2}{3}\times 6=4$；辅助绕组每极下占线槽数为$\frac{1}{3}\times 6=2$。并将每极每相占有线槽分别用字母A、B标上属相。

（3）连接主绕组　由图1-10a可见，该电动机属主绕组相的有16个线槽。现将属于主绕组的16个线槽中导线连接起来形成主绕组，连接时应保持16个线槽导体电流流动方向不变，这样，4极磁场的性质就不会改变。至于这16个线槽导体连接的次序，与磁场性质无关。先连线圈组，可将线槽2与线槽5、线槽1与线槽6中导体连接起来形成一个线圈组。同理，将线槽8与11、7与12、14与17、13与18、20与23、19与24分别连接起来，结果由4个磁极形成4个线圈组。然后，顺着电流方向将4个线圈组连接起来，便画成了主绕组相，如图1-10b所示。

（4）连接辅助绕组　先将属于辅助绕组相的8个线槽，按照上述办法，顺着电流方向将线槽4与9、10与15、16与21、22与3分别连接起来，形成4个辅助绕组的线圈组，然后顺着电流方向将4个辅助绕组的线圈组连接起来，便画完成了辅助绕组相。如图1-10c所示。

单相电动机绕组的接线规律及画法，同三相电动机绕组一样，不管是多少个磁极，只要每相线圈数等于磁极数（由于相邻两个磁极的极性相反）线圈组间的连接方法一定是“头接头”、“尾接尾”，即常说的反串联。若用小方块表示线圈组，则主绕组和辅助绕组的接线图如图1-11所示。接线时主、辅绕组分开接线，并分别引到接线盒内。端头标记如表1-4所示。

应当注意的是，在辅助绕组回路中，还要串联一个起动装置。其接线有两种位置，一种是接在辅助绕组的进线端，如图1-11a所示；另一种是接在辅助绕组的中间，如图1-11b所示。

表1-4　接线盒内端头标记

绕组名称	始　端	末　端
主绕组	D_1	D_2
辅绕组	F_1	F_2

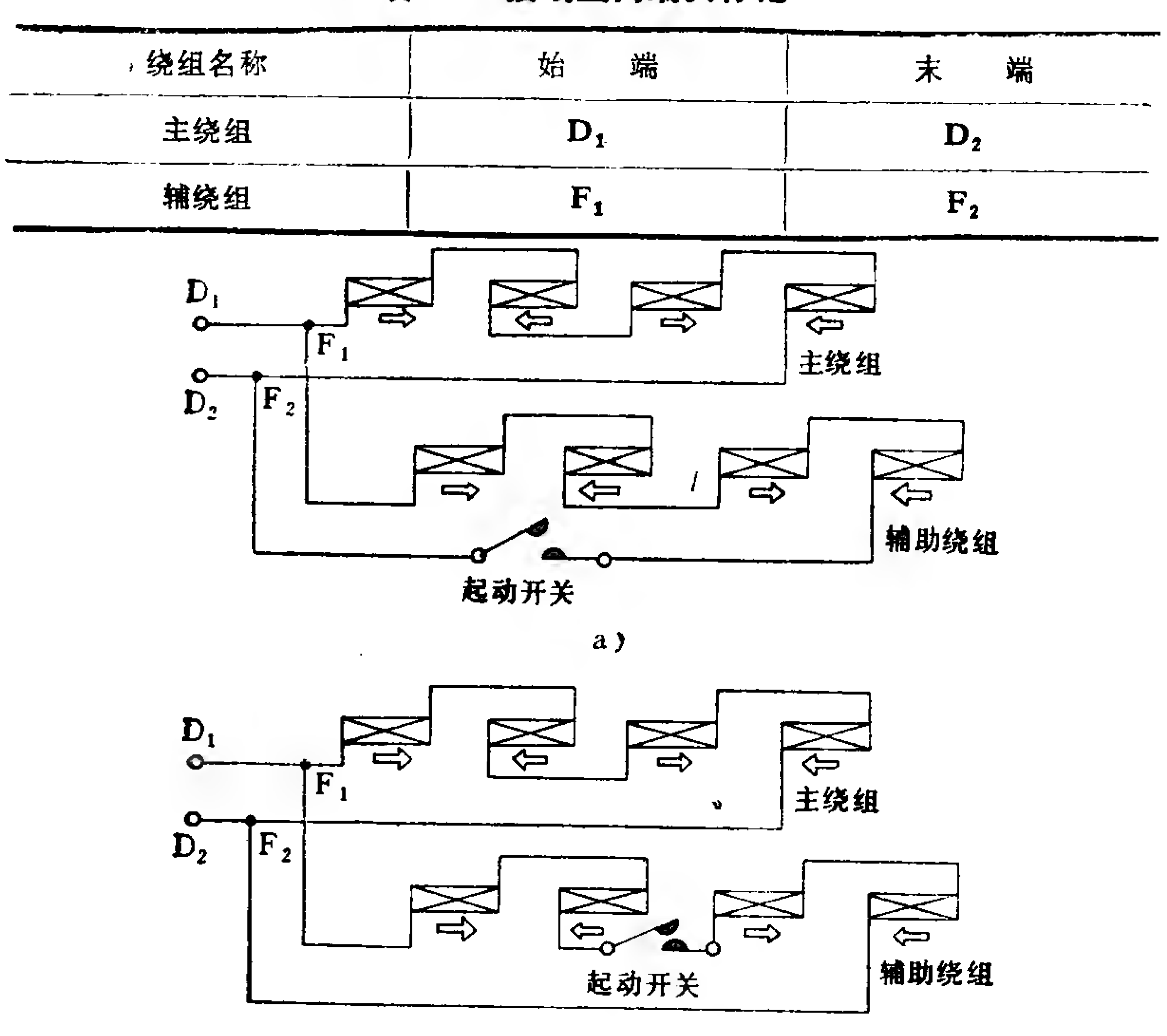


图1-11　单相4极电动机接线图

a) 起动开关在引线端　b) 起动开关在辅绕组中

从展开图上可以看到：

1) 辅助绕组和主绕组线圈中轴线在空间错开90°电角度。

2) 小线圈节距 $y=3$，大线圈节距 $y=5$，都比节距($\tau=6$)小，即从形式上看，单层同心式绕组线圈节距为短距，该绕组所产生的电磁效果和整距绕组一样，因此，单相电动机单层同心式绕组和三相单层电动机一样，不能用短距来改善磁场的波形。电动机在起动过程中，常因磁场波形不好而产生附加力矩，使电动

机在某一较低转速下运行，达不到正常的转速，这种“胶着”故障是单层同心式绕组的主要缺点。

2. 单相双层绕组展开图和接线图的画法

和三相电动机一样，单相电动机也可以采用双层绕组。绕组一般为短节距、$y=\frac{2}{3}\tau$，主绕组和辅助绕组所占定子槽数同单层同心式绕组一样。对分相电动机（电阻分相和电容分相）来说，安排主绕组占定子总槽数的$\frac{2}{3}$，辅助绕组占总槽数的$\frac{1}{3}$；对电容运转电动机而言，主绕组和辅助绕组各占定子总槽数的一半。

现仍以$2p=4$，$Z_1=24$槽为例，看单相双层短距绕组展开图的一般规律和画法。

画双层绕组的展开图与画同心式绕组一样，也是先画线槽标号，然后按极数等分槽数并分相，如图1-12a所示。

我们规定了图上所标槽号是线圈上层边所占的定子槽号，而每个线圈的下层边应嵌放的槽号，可由线圈的节距来决定。此例中，线圈的节距$y=\frac{2}{3}\tau=\frac{2}{3}\times6=4$，如1号线圈的上层边放在1号槽的上层，则它的下层边应放在5号（$1+4=5$）槽的下层。

将每极下主绕组相所属线槽的导体顺着电流方向（看线圈上层边的电流方向）连接起来，形成线圈组。由于双层绕组每相线圈组数等于磁极数，所以一相绕组中各线圈组间应作反串联，即按“尾接尾”、“头接头”来连接，如图1-12b所示。

同样，将每极下辅助绕组所属线槽的导体顺电流方向连接起来，形成线圈组。由于辅助绕组相的线圈组等于磁极数，因此，本相绕组中各线圈组间也应作反串联，图1-12c所示，为单相4极24槽双层短距绕组展开图。接线图同于单层同心绕组，参阅图1-11。

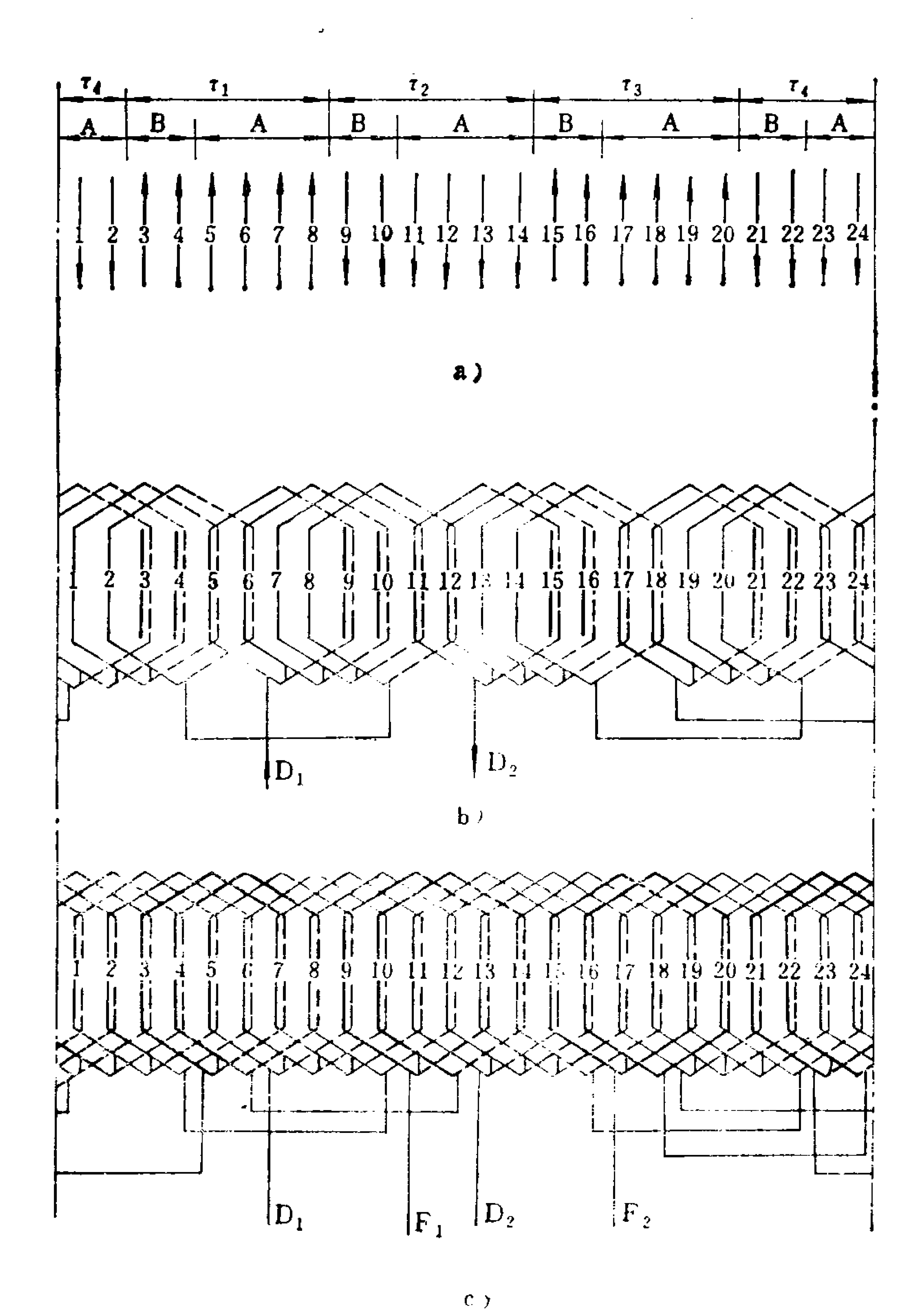


图1-12 单相双层短矩绕组展开图画法步骤

a) 标槽号，分相标电流方向分极距图 b) 主绕组展开图 c) 整套绕组展开图

单相双层短矩绕组的优点是，线圈节距均相等，因此线圈形状相同，端部排列整齐，而且短矩绕组还可以改善电动机起动性能。但由于单相电动机定子铁心内径较小，双层绕组嵌线比较困难，这是单相双层短距绕组最主要的缺点。所以，对于小容量电动机，定子铁心内径较小者，均不采用这种绕组型式。

3．单相电动机展开图的实用快速画法

上面所述的展开图画法，对初学者很适用，但是，比较繁杂，因此画起来比较慢。下面介绍两种在电动机修理实践中总结出来的、既画得快又实用的展开图画法，最适宜在修理中测绘电动机原绕组分布及其接线图。

（1）结合画法　是指将绕组分布图的一部分与“过线”、“桥线”结合在一起画的作图法。作图时以槽号为上下分界，上部画绕组分布图，下部画过线、桥线接线图，合在一起便是统一的展开整体图。

过线是电机学中指线圈与线圈之间的连线。对于线圈连绕的极相组，过线已在其中，不需要再接线。

桥线是电机学中指极相组与极相组之间的连线、或线圈组与线圈组之间的连线。

现用结合画法改作一个迭式双棱形极相组。图1-13b是用正规画法绘出的一个迭式双棱形极相组图。由图可见，该极相组由3个线圈串联组成，线圈节距1—5。用结合法作图时，先按1—5的节距，在槽号1、2、3、5、6、7的上部依次画出3个线圈上半部分，在槽号下部依次画好线圈之间的两条连线5—2、6—3即成，如图1-13a所示。两图所表达的线圈形式完全一样。

结合画法同样适用于同心式绕组、正弦绕组的作图。图1-14是同心式极相组的两种画法，图a是实用快速画法，图b是基本画法。

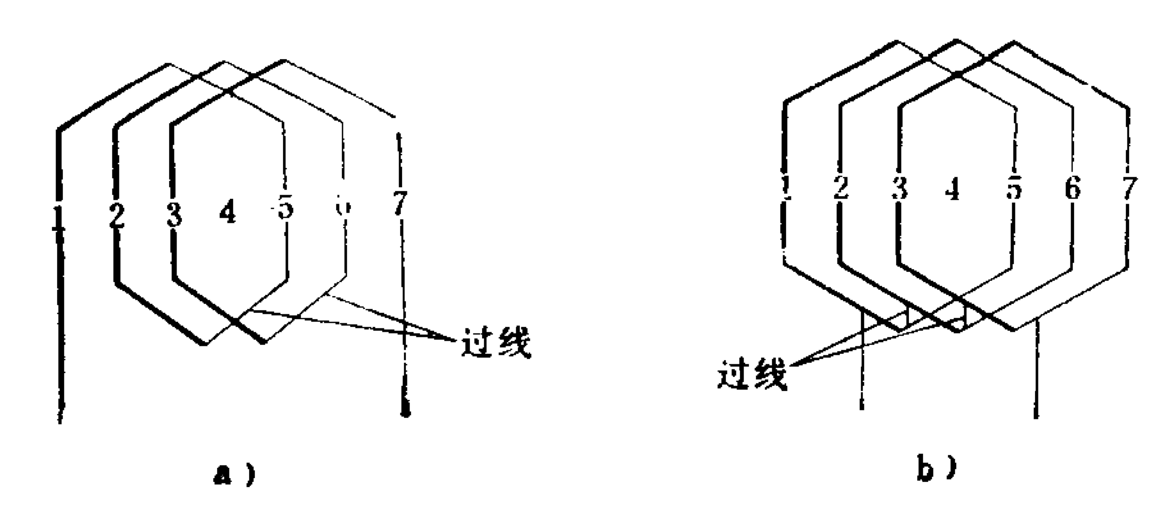


图1-13　双棱形极相组的快速画法

a）快速结合画法　b）基本画法

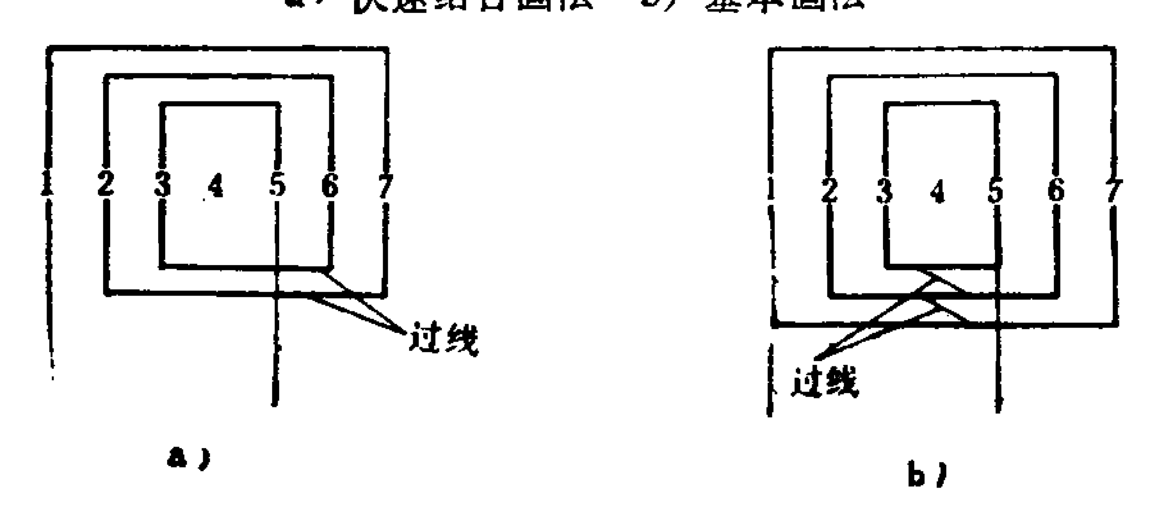


图1-14　同心式极相组的快速画法

a）实用快速画法　b）基本画法

结合画法作图步骤：

第一步　画槽标号并分相（标明电流方向）；

第二步　画主绕组。在槽号上部画出主绕组之极相组的上半部分布图；接着在槽号下部画出极相组内部线圈之间的过线与极相组之间的桥线连接线；

第三步　用第二步的作图法画出辅绕组的分布图与过、桥连接线。

例　运用结合画法画18槽两极正弦绕组展开图

1）先写出 1 至18槽号，等分并按90°电角度关系分好主、辅绕组所占的槽，用粗、细实线加以区别，标好槽电流方向。如图1-15a所示。

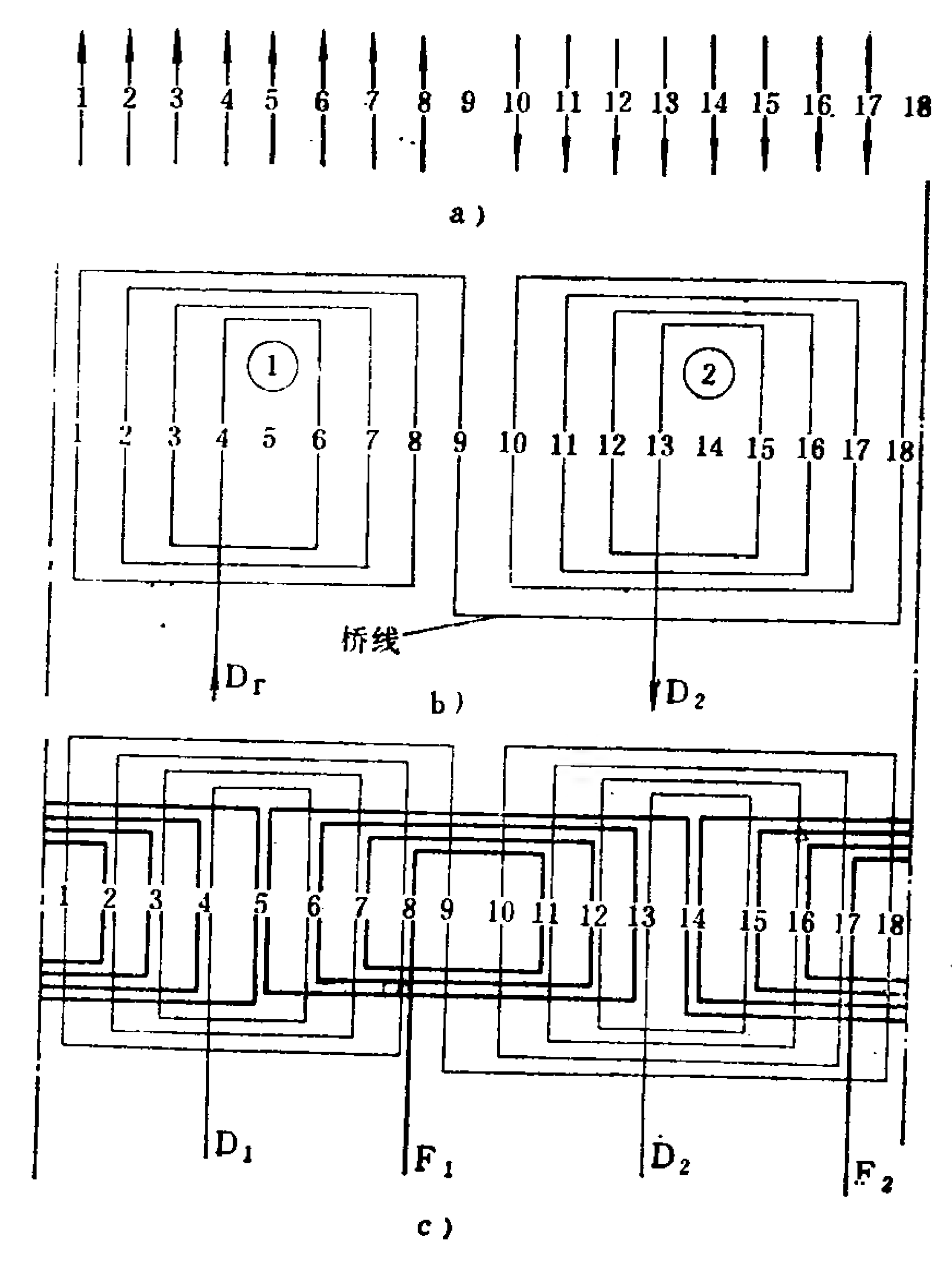


图1-15 用结合法画单相正弦绕组展开图

2）画主绕组相。按节距1—9、2—8、3—7、4—6，用细实线在槽号上部画好主绕组两个极相组的分布图的上半部分；设第4槽为极相组头，也是主绕组的头D_1，在槽号下部按6—3、7—2、8—1，即“尾一头”相接的办法，顺槽电流方向串联好极相组①的过线，第9槽则为极相组①的尾线。同理，连好极相组②的过线。再按“尾一尾”接法将9槽与18槽线头连起来。如图1-15b所示，剩下的第13槽线头则是主绕组尾线D_2。

3）画辅绕组相。用粗实线按节距1—10、2—9、3—8、4—7，从第5槽开始，在辅绕组槽号上部画辅绕组的两个极相组。这里应当注意主、辅绕组之极相组间保持90°电角度，线头间相应间隔90°左右。这里定第8槽的小线圈头为辅绕组的头F_1，按"尾—头"相联方法，顺槽电流方向画好两个极相组的过线；再按"尾—尾"相联方法连好桥线，剩下的一个17槽的线头则是辅绕组的尾F_2。

画成后的展开图如图1-15c所示。

将图1-15与图1-8进行比较，其优点显而易见，展开图的笔划少了，绕组的过、桥线清晰多了，绕组的分布情形也很清楚。当你用结合法画展开图时，会感到十分流畅。

（2）分解法　分解法与结合法基本相同，只是进一步为了测绘、嵌线与接线工艺上的方便，将主绕组与辅绕组分别展开。用这种画法画辅绕组时因不受主绕组展开图的影响，使得作图速度更加快，便于主、辅绕组的比较。这样的作图法在工厂里已被广泛采用。特别是作比较复杂的双层绕组展开图时，使难度大为减小。

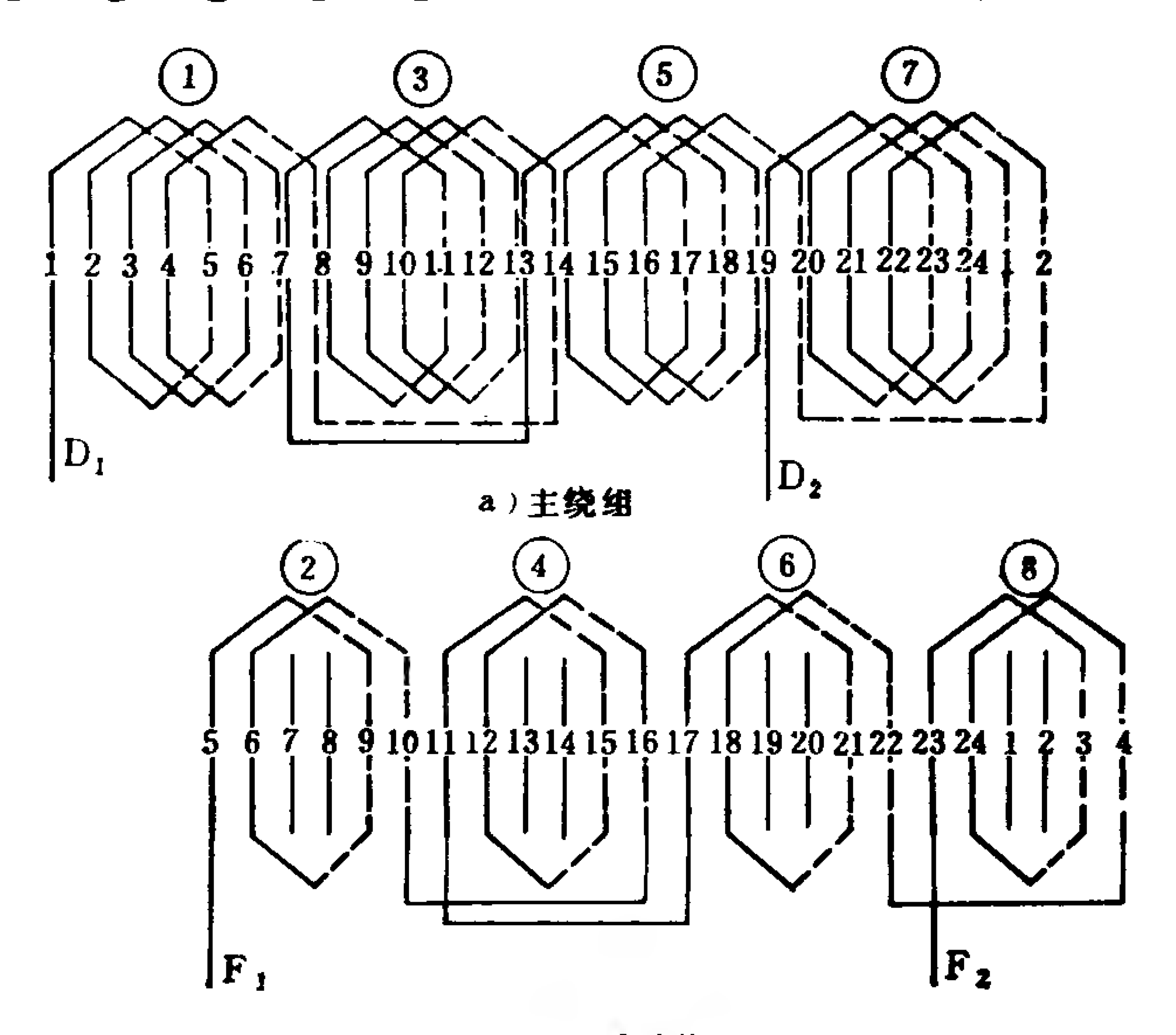
分解法作图步骤：

1）画槽标号并分相　因主、辅绕组分开画，故要写两排槽号。辅绕组所占槽号与主绕组相应后退90°（当然也可以不后退，需将最后一个极相组的下层边返到前边的槽号中），且保持同一槽号两展开图相对应；

2）作主绕组相展开图　在第一排槽号上作主绕组展开图，槽号上部画主绕组极相组分布图，下部画出极相组内的过线与极相组之间的桥线；

3）作辅绕组展开图　在第二排槽号上作辅绕组或單极绕组图，其方法同主绕组。

图1-16是用分解法所作的单相24槽双层绕组展开图。图 a 为主绕组展开图，图 b 为辅绕组展开图。极相组上的标号①、②、③、④、⑤、⑥、⑦、⑧，特为嵌线时的下线次序而标。



b）辅助绕组

图1-16　用分解法画单相双层迭绕组展开图

这里新介绍的结合画法与分解法两种作图法，同样适合于作三相电动机绕组的展开图，因其绕组的相数多，用这两种方法时，更显其作图迅速的优点。同时，读图时绕组分布与连线一目了然；下线时分相清楚；接线时既快又准确。

七、单相异步电动机绕组的基本嵌线法

1. 单相单层同心式电动机绕组嵌线法

单层同心式绕组嵌线时，应先嵌主绕组相。方法是一个线圈

组一个线圈组地嵌，在嵌每个线圈组时，先嵌小线圈，后嵌大线圈。将主绕组相嵌好线后，用同样的方法按展开图将辅助绕组内的线圈组一一嵌进槽内。

由此可知，单层同心式绕组的绕线和嵌线都是比较方便的，凡容量较小，定子铁心内径较小的电动机，由于嵌线困难，常采用这样型式的绕组。

2. 单相双层短距绕组的嵌线法

单相双层短距绕组的嵌线方法，同三相双层短距绕组完全一样。现以$2p=4$，$Z_1=24$槽为例，说明其嵌线方法。

如图1-17b所示，图中①、②、③、…⑦、⑧为线圈组号，其主、辅绕组的线圈节距$y=4$，即1跨5，线圈数$q_{主}=4$，$q_{辅}=2$。具体嵌线工艺如下：

（1）嵌线前，要注意使线圈的引出线置于靠近机壳上有出线孔的一端，以免线引出困难。一般嵌线时，习惯左端进线圈的应将机壳带出线孔的一端朝左，且放置稳当。

（2）开始嵌线时，首先要确定暂时不嵌的起把线圈的上层边。这些暂时不嵌的上层边数目，恰好等于节距槽数。本例中暂时不嵌的上层边数目等于4，恰巧又等于主绕组相线圈组的线圈数，故选择线圈组①为起把线圈，对下线极为有利。

实际嵌时，首先将线圈组①的4个下层边依次嵌入5、6、7、8槽内。而线圈组①的上层边，由于要压着线圈组⑧全部及线圈组⑦部分的下层边，所以暂时不能嵌入相应的1、2、3、4槽内。

（3）嵌完4个起把线圈的下层边以后，在它的上面放好层间绝缘并压紧，再依次嵌其后线圈组②、③、④、⑤、⑥、⑦、⑧的各个线圈的下层边和上层边。每个下层边嵌进槽以后，都要在它的上面放好层间绝缘。

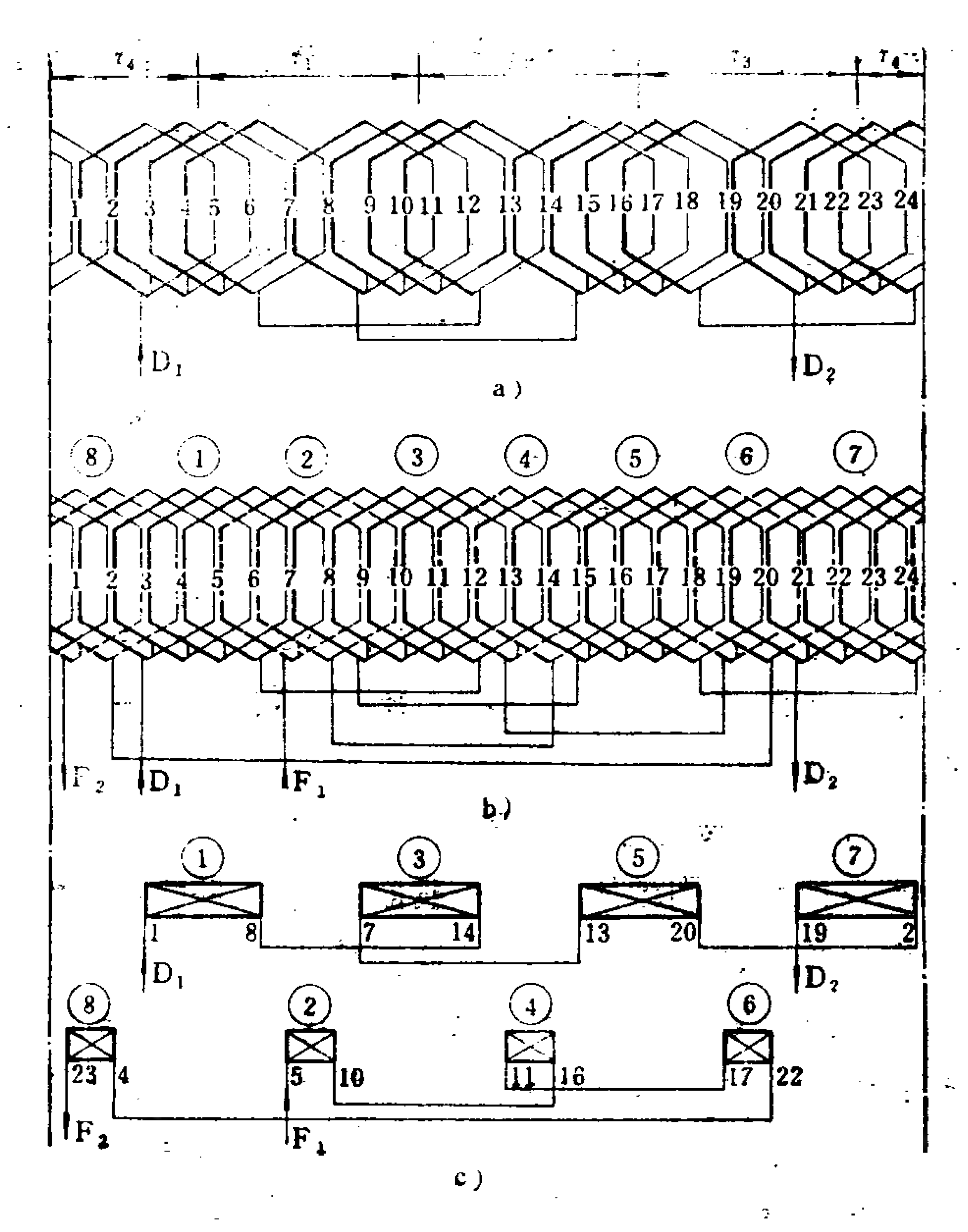


图1-17　单相24槽双层绕组的端部接线及嵌线展开图

（4）直到全部线圈的下层边嵌进槽以后，方可把起把线圈的4个上层边依次嵌入槽子的上层。本例中，线圈组①的第4只线圈的上层边是最后一个嵌进4号槽内的。

（5）同相的各线圈组之间的连接，按反串联规律。即上层边引出线接上层边引出线，因为它们位于上面，又叫面接线；下层边的引出线接下层边的引出线，因为它们位于槽底，又叫底接线。参见图1-17c。

八、单相异步电动机重换绕组方法

已有故障的单相电动机，通过必要的检查试验之后，确认绕组内部短路严重或已被烧坏时，应决定重新更换绕组。

更换绕组的步骤：

① 记录各项数据；

② 拆除旧绕组；

③ 配置槽绝缘；

④ 绕线（确定好线模尺寸）；

⑤ 嵌线；

⑥ 接线；

⑦ 试验；

⑧ 绝缘处理。

1．记录各项数据

记录各项数据是上述几项步骤中最重要的一项。单相电动机各槽导线匝数及线径不一定相同，各线圈节距也不相同，因此，在拆除旧绕组时一定要完全地记录下各个线圈匝数、线径和节距等电气参数。以及线圈的几何尺寸，避免因数据不全而使修理工作产生困难。主要项目有：

① 记录电动机铭牌数据，便于了解该机属于何种型号，容量、使用电压、额定电流及满载转速各是多少，同时便于购买配件；

② 记录绕组数据，包括绕组型式、各个线圈节距、匝数和几何尺寸（单相电动机各个线圈匝数和尺寸往往都不一样）、线径、接法（串联或并联，起动装置的位置）、运转绕组和起动绕组之间的跨距、相互位置、绕线方法（模绕或束绕）等。并及时将这些数据填入表1-5中。

表1-5　单相异步电动机修理记录单

铭牌数据

型号＿＿＿＿　功率＿＿＿＿　频率＿＿＿＿　编号＿＿＿＿

电压＿＿＿＿　电流＿＿＿＿　温升＿＿＿＿　＿＿＿＿

转速＿＿＿＿　电容＿＿＿＿　制造厂＿＿＿＿　制造日期＿＿＿＿

绕组名称	线　径	支 路 数	节　距	匝　数
主 绕 组				
辅助绕组				

槽序号 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20……36

另外，应将绕组型式、节距、各线圈匝数，运转绕组与起动绕组之间的距离填在绕组简便记录图上。具体填法如图1-18所示，图为JY9A－4、180瓦、110/220伏绕组的简便记录。图中清楚地看到，运转绕组与起动绕组的各极线圈组的内线圈节距均为1—3；中线圈节距为1—5；外线圈节距为1—7。

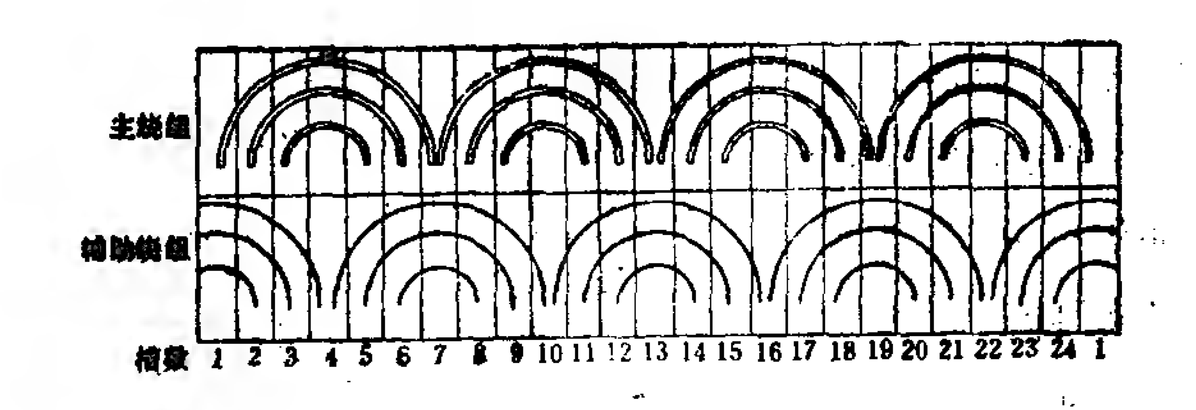


图1-18 绕组节距简便记录图（4节24槽）

如果电动机内只有上面一层起动绕组烧坏了，那只要记录该部分线圈的资料、并加以更换即可。

2．拆除旧绕组

用冷拆法前面已经讲过，一般单相电动机的运转绕组位于槽底部，而起动绕组则在槽上部，如图1-19所示。所以拆除绕组时，应先拆起动绕组，后拆运转绕组，既方便又省时。

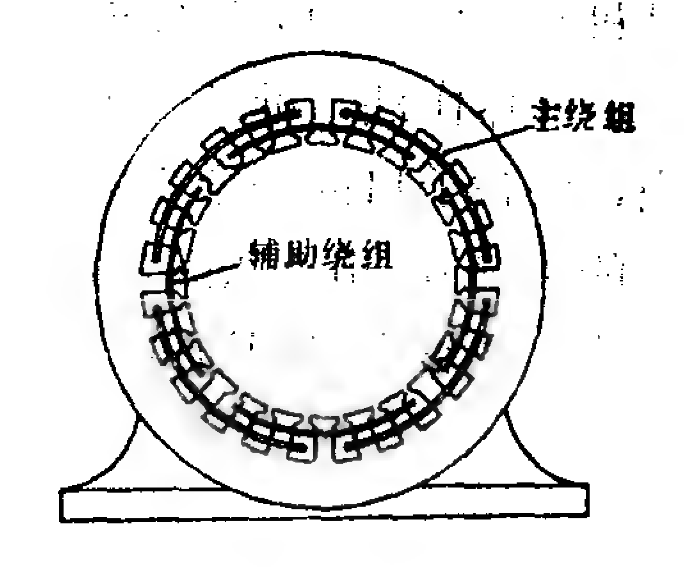


图1-19 主辅绕组在定子铁心中的位置

（1）只拆换起动绕组或其中一个线圈组 这时只须拆掉起动绕组或损坏的单个线圈组。拆时，先用划针将待拆的线圈一端轻轻撬起来，然后将线圈的这一端剪断，并顺着铁心槽，把线圈剪断部分理直，从线圈的另外一端抽出该线圈。

槽楔拆除方法，可以利用一根废锯条，照图1-20的方法，先把锯条用鎯头轻轻地将锯齿钉在槽楔上，然后再顺着锯条齿尖的方向敲一敲，槽楔便很快地退出槽子。

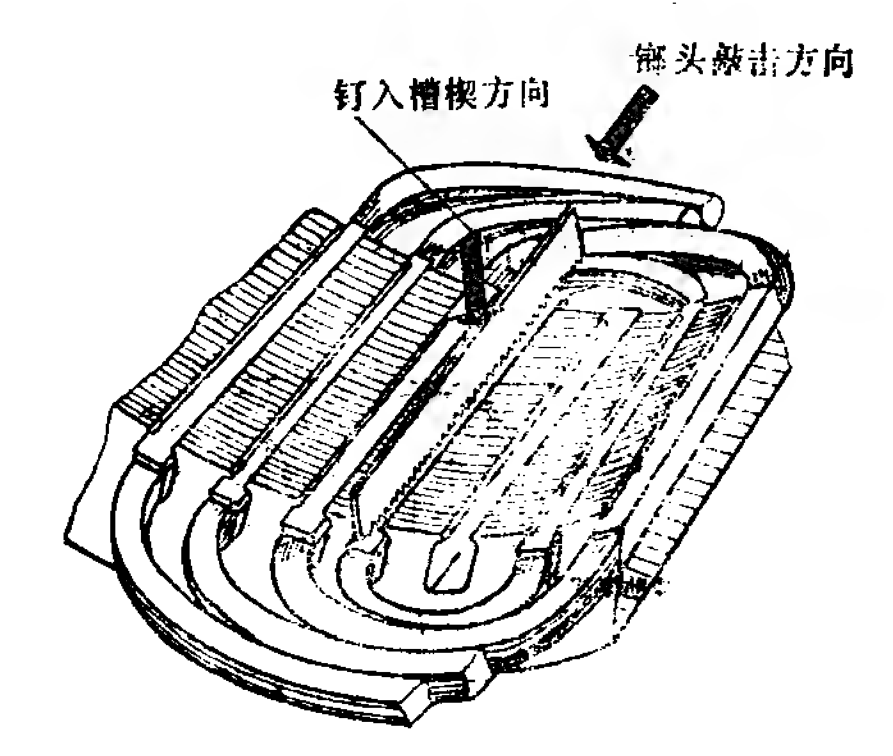


图1-20　利用锯条去槽楔法

（2）拆除整个定子绕组　拆除整个定子绕组的方法比较多，但适合小功率单相异步电动机的还是常规的加温热拆法和科学的冷拆法两种。

1）加温热拆法　就是将电动机放入烘箱，以大于100℃的温度烘半小时至一小时后，取出来退出槽楔，并依次剪开绕组各个线圈的端部，从绕组的另一端逐个抽出线圈。

2）冷拆法　是目前比较科学的方法，它不需要加热时间，定子铁心也不受温度的影响，省时省工，操作简便，干净，一台电动机只需20～30分钟即能轻松地拆除掉绕组。

具体作法，准备一把合适的平凿子，一把鎯头，将定子放稳当，将凿子口的一个平面贴着定子铁心槽子的端面（这是冷拆工艺的关键），用鎯头敲击，产生剪切力，齐槽口切断各绕组的线圈边。待整个线圈边的一端都被切割掉以后，再用一形状合适的黄铜棒（紫铜棒也可以），将槽内的各线圈边逐个顶出，如图1-21所示。用这种方法拆除绕组后，铁心槽内比较干净，不需花很多时间清槽。

3. 配置槽绝缘

一般单相电动机的槽绝缘、层间绝缘、覆盖纸及端部绝缘，只需一层聚脂薄膜青壳纸就行了，厚度为0.4～0.6毫米即可。

槽绝缘的长度，按电动机大小不同，由定子槽的全长加6～12毫米来确定，两头打反折，可以防止槽绝缘沿槽内滑动，如图1-22所示。

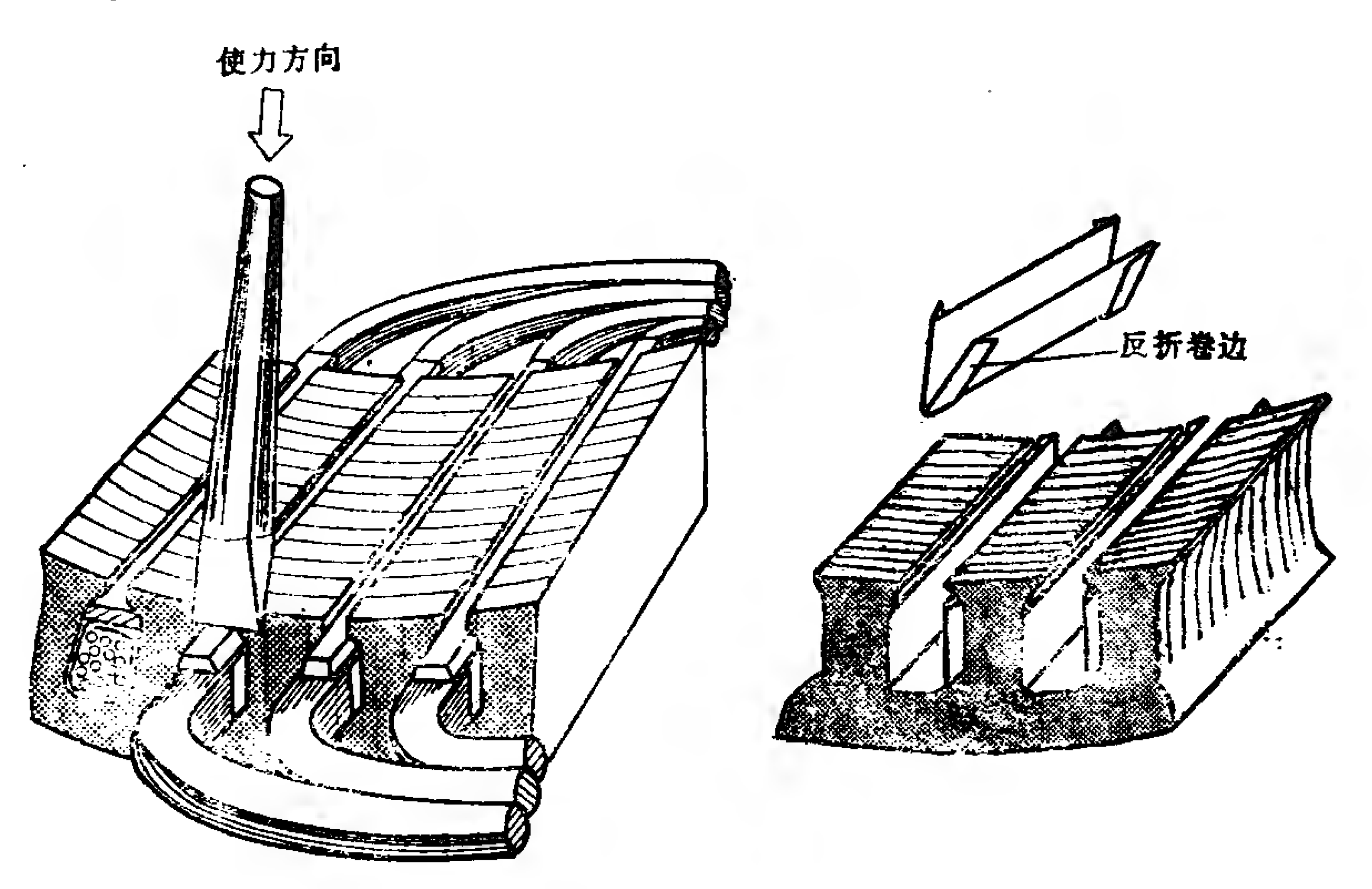


图1-21　利用凿子冷拆法　　　　图1-22　槽绝缘的反折配置图

层间绝缘的长度，一般两端各伸出铁心8～12毫米；覆盖纸的长度按照槽绝缘的长度而定。

端部绝缘，即线圈之间的绝缘，其尺寸大小，应按端部实际形状来裁剪，保证相邻线圈组严格地分开，保证线圈组之间绝缘良好。

4．绕线及绕线模尺寸的确定

电动机绕组的重绕方法有3种：手绕、模绕和束绕。由于手绕和束绕操作不方便，工作效率低，除局部更换绕组采用手绕法外，全部更换绕组时，还是模绕方法实用。模绕时，必须预先用木制或金属制成的线模绕好线圈，然后将绕成的线圈嵌入槽内。

线模的形状和尺寸的测定与三相电动机相似。最小线圈的直

线部分两端伸出铁心的长度大于6毫米，最大线圈的端部不应与端盖相碰擦。由于单相电动机的线圈尺寸较小，每个线圈的线模可做成整块的，将模芯做出一定的斜度以便于取下线圈。线模模芯的厚度一般以铁心槽深的$\frac{3}{4}$来确定。

图1-23所示为同心式绕组的绕线模，绕线之前用螺母将一个极下的数个同心模夹紧，绕线时从最小线圈开始，然后再绕较大的线圈。待全部绕好后，将每个线圈扎好，松开螺母，取下线圈。

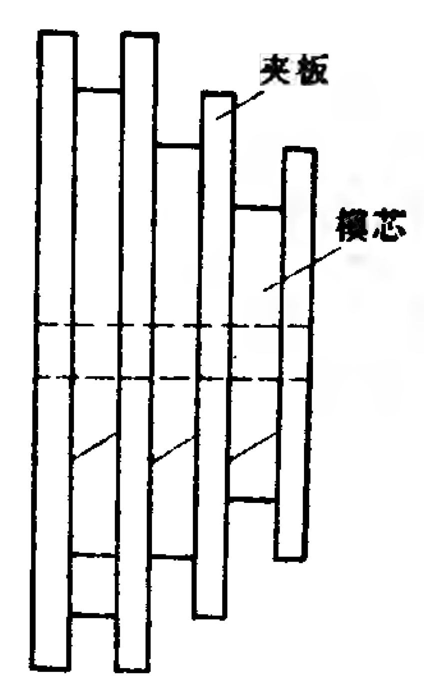


图1-23　单相电机同心式绕线模

5．嵌线

电动机在配置好槽绝缘，绕制好线圈后可着手嵌线，为顺利地嵌好线，还应做些必要的准备工作。

（1）绝缘材料　如引线纸、层间绝缘、覆盖纸、槽楔、绑扎带等。

（2）嵌线工具

1）划针　小型电动机嵌线划针，一般用层压胶布板（2～3毫米厚），竹片或牛角制成，用来理直槽内的导线，避免其出现交叉情况。要求划针头部光滑而且厚薄适宜，使之能插入三分之二槽深处为宜。

2）压脚　又叫压线板，用不锈钢制成，它是用来压紧导线和折复槽绝缘的，根据电动机的槽形尺寸不同，应多备几把。一般压脚宽度为槽上部宽度减去0.6～0.7毫米。压脚应光滑无棱角，以免使用时损坏绝缘。

3）其它工具　如钢制通针、小铁锤、手术用弯头长柄剪刀、

橡皮榔头、顶销棒、垫打板等，同于三相电动机的修理工具。

嵌线时，注意不能损伤导线的外表绝缘。槽绝缘要在未嵌线之前全部放入槽内，位置要符合要求。线圈有效边的导线嵌入槽内要排列整齐，使线圈伸出铁心两端的长度适宜。

嵌线的具体工艺参见本章第七节“单相电动机绕组的基本嵌线法”。

线圈嵌好后，要对绕组各部分绝缘仔细检查，看主、辅绕组之间的绝缘是否垫好，有无错位，并及时加以纠正，同时进行端部整形。

6．绕组接线

（1）单相电动机的绕组接线具有以下两个基本特点，需要掌握。

1）主、辅绕组的接线方式基本一致。如果工作绕组是串联接法，则起动绕组也用串联接法。

2）不管电动机的极数有多少，但同一绕组相邻两磁极的极性必须是相反的。所以两相邻线圈组的接法，在串联接线时应当是“反串联”、即“头——头”联接或“尾——尾”联接。

（2）工作绕组的串联接法　图1-24所示的为4极分相电动机运转绕组的基本接法。

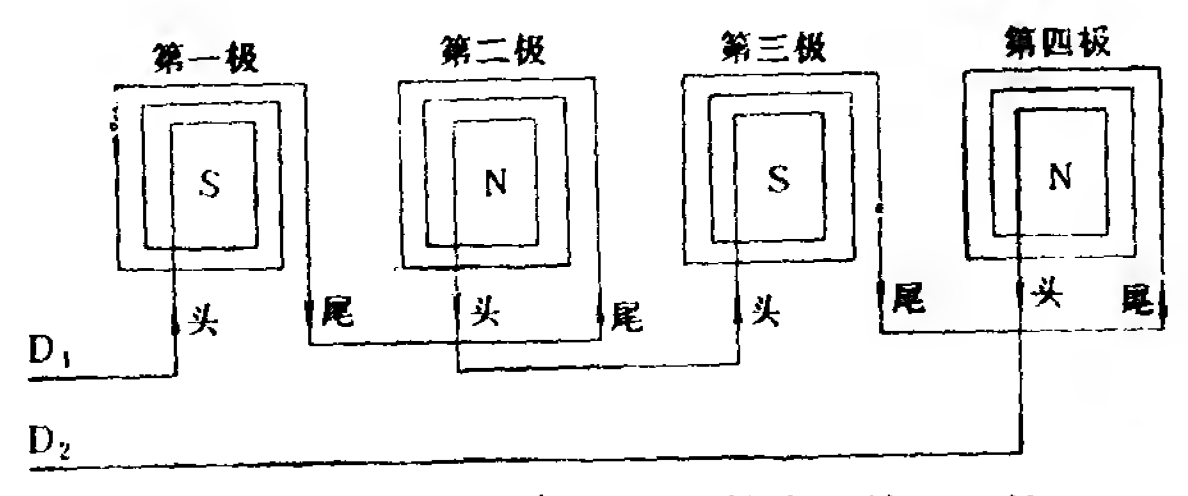


图1-24　4极分相电动机运转绕组快速接法

为了作图简单，分相电动机绕组的接线图可以简化。如图1-

24可用简化图1-25来表示。图中的长方块表示产生一个磁极的线圈组，"SNSN"表示各线圈组产生的磁极极性，箭头则表示"头——头"相接或"尾——尾"相接之后，流经各线圈组的电流方向，显然简明多了。

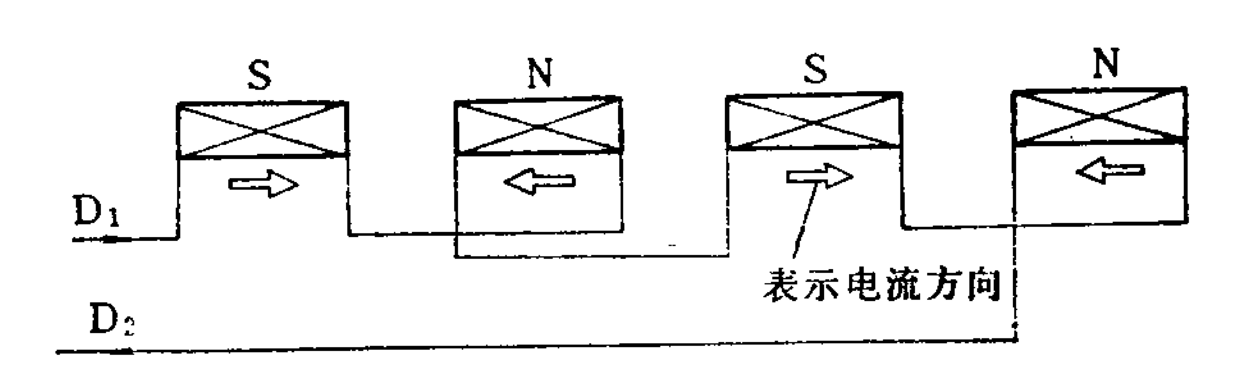


图1-25　运转绕组接线图的快速简化画法

（3）起动绕组的串联接法　起动绕组的接法，与工作绕组的接法基本相同，不同之处是多一个起动开关，根据开关的串接位置不同，有两种接法，一是串在起动绕组的中间，即串在第二和第三绕组中间，二是串在起动绕组的首端或者末端，参阅本章图1-11。

（4）并联接法　普通分相电动机一般都是采用串联接法，但也有少数电动机采用并联接法（或称双联法）。其接法也有两种，一是"头——头"或"尾——尾"相接，如图1-26所示，二是"头——尾"相接，如图1-27所示。

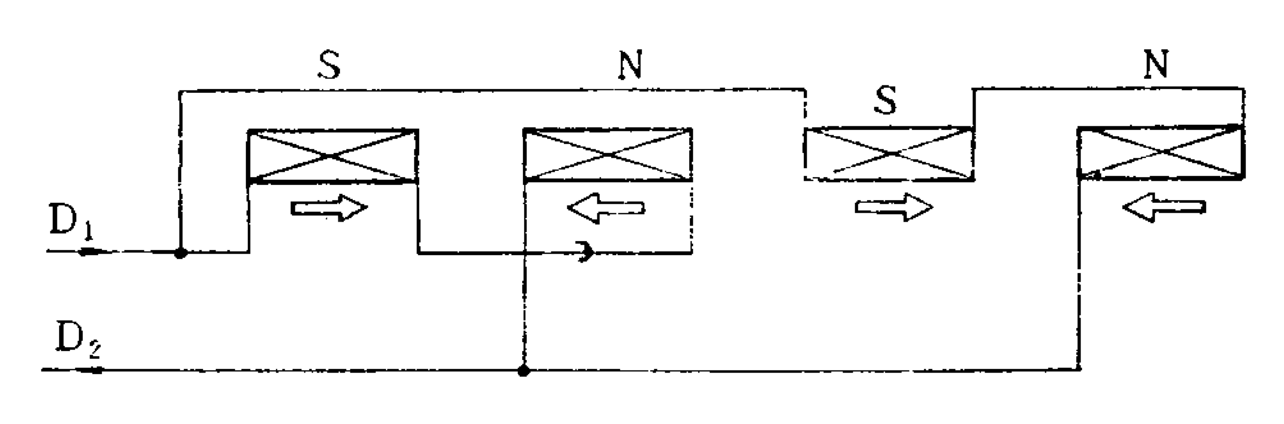


图1-26　运转绕组并联的第一种接法

（5）圆形接线图　在实际接线时，为更加直观，还可以将

分相电动机绕组画成圆形接线图，如图1-25可画成图1-28所示的圆形接线图。

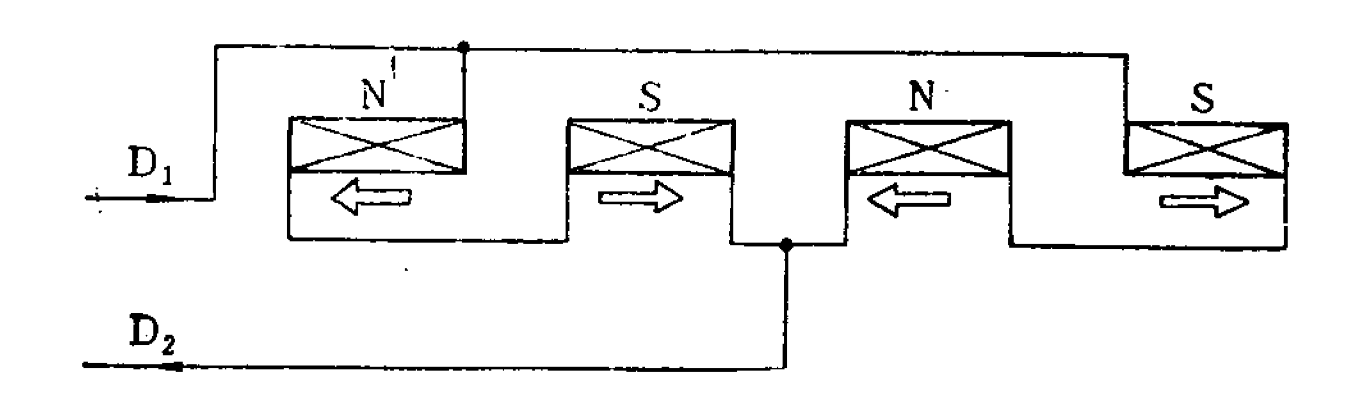


图1-27　运转绕组并联的第二种接法

7. 试验

电动机绕组接好线后，为了判断有否接错，可按照第二章第三节所介绍右手螺旋管法则、指南针法以及铁钉法等进行检查和验证，并用兆欧表检查绝缘确认无误后，再进行绑扎、装机、点动试转，看其是否正常。

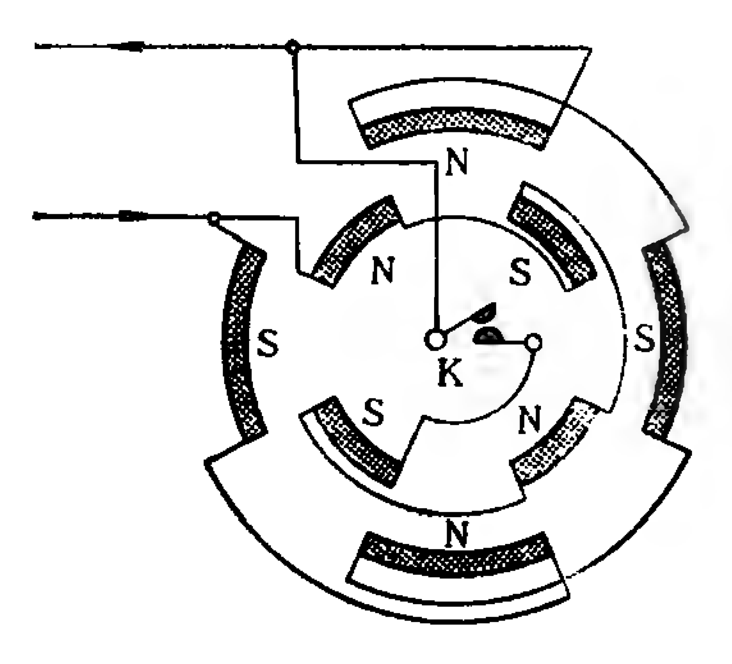


图1-28　4极分相电动机圆形接线图

8. 导线接头焊接与包扎方法

一般焊接时，先将两根待焊的导线留以适当的长度，并将两根导线线头绝缘漆刮去，长度约15～30毫米，然后将两根导线紧紧地绞在一起用锡焊牢。锡焊部分长度不少于10毫米。焊口用20～30毫米的蜡套管或聚氯乙烯套管套好。具体操作分为3步，如图1-29所示。

电动机引出线的焊接法与此相同。线焊好后，进行整形，同时用白布带或细绳将主、辅绕组及引出线牢牢地绑在一起。

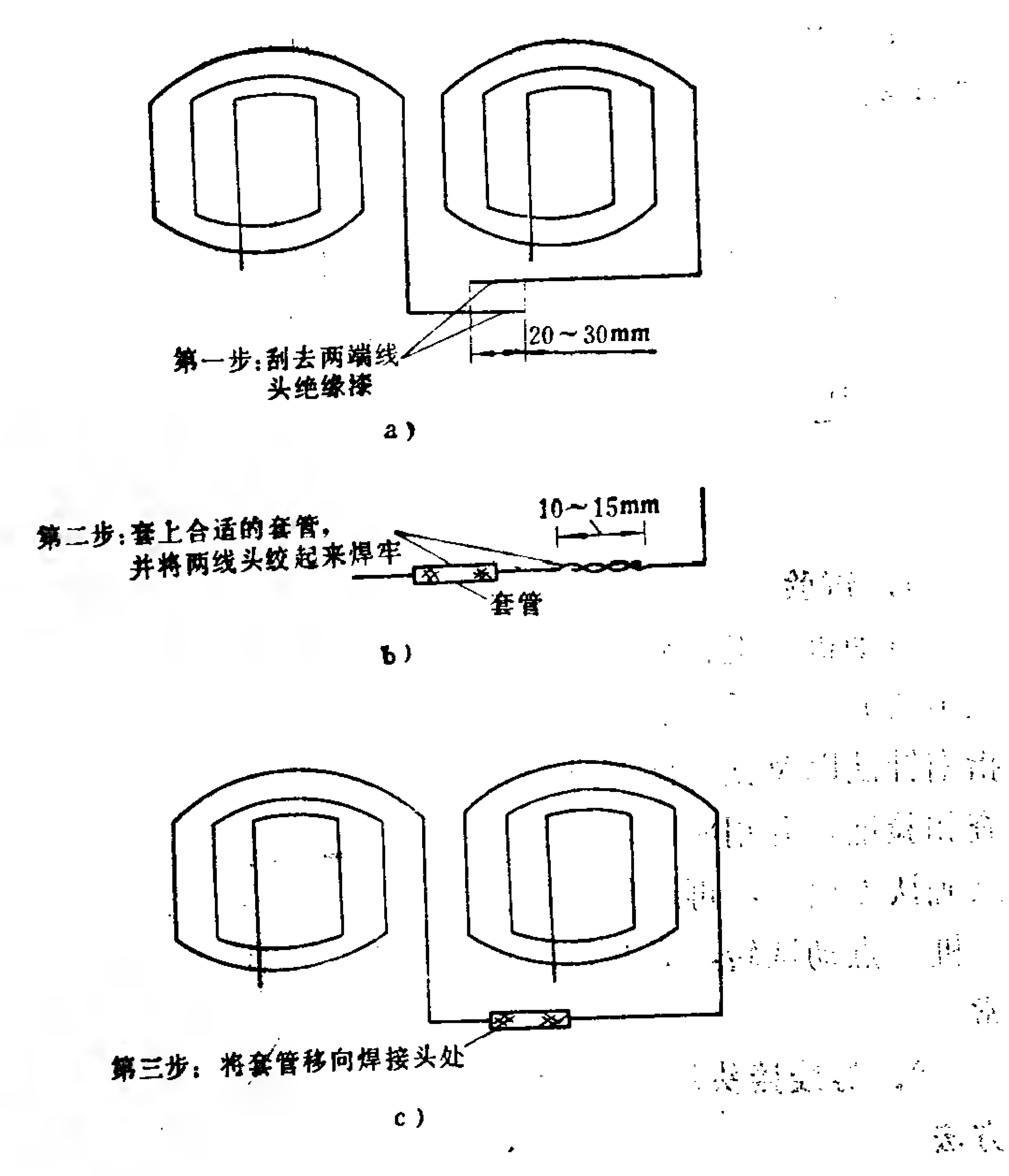


图1-29 绕组引出线头焊接方法图

9. 浸漆与烘焙

将整形包扎好的定子绕组放在烘箱内预烘4～6小时，保持温度105～115℃，然后将温度降至80℃后，浸漆10～15分钟，竖起滴漆半小时以上，再经6～8小时烘焙，即可装机。

第二章　分相电动机

一、分相电动机的结构特点

1、分相电动机基本结构

分相电动机具有4个主要部分：

（1）转子　电动机的转动部分，铸有鼠笼绕组。

（2）定子　电动机的静止部分，嵌有两套绕组，即导线较细的主绕组和导线较粗的并串有较大容量电容器的辅绕组。

（3）端盖　安装在电动机壳上的两个端罩。

（4）起动装置　串联在辅助绕组的线路中，起接通或切断起动绕组的作用。

2、起动机构特点及原理

在构造上，分相电动机的转子、定子及端盖均同于三相电动机，所不同的是分相电动机有起动装置。目前起动装置有如下几种：

（1）离心开关　它包括静止部分和旋转部分。静止部分装在前端盖内，旋转部分则装在转轴上。其工作原理如图2-1所示。

它是利用转子转速的变化，引起重块所产生的离心力大小的改变，通过滑动机构来闭合或分断触头，达到在起动时接通起动绕组的目的。电动机运转时重块飞离，触点断开，如图2-1a所示；电动机静止时，重块复位，触点闭合，如图2-1b所示。

（2）起动继电器　在第一章中初步讲过，起动继电器是利用起动电流的大小，使继电器动作，从而接通或切断起动线圈的。起动继电器有多种，它一般装在电动机壳上的接线盒里，其接线

原理如图2-2所示。起动继电器的电流及引线 2 接在主绕组A的线路中，常开触头1接在辅助绕组B的线路中。

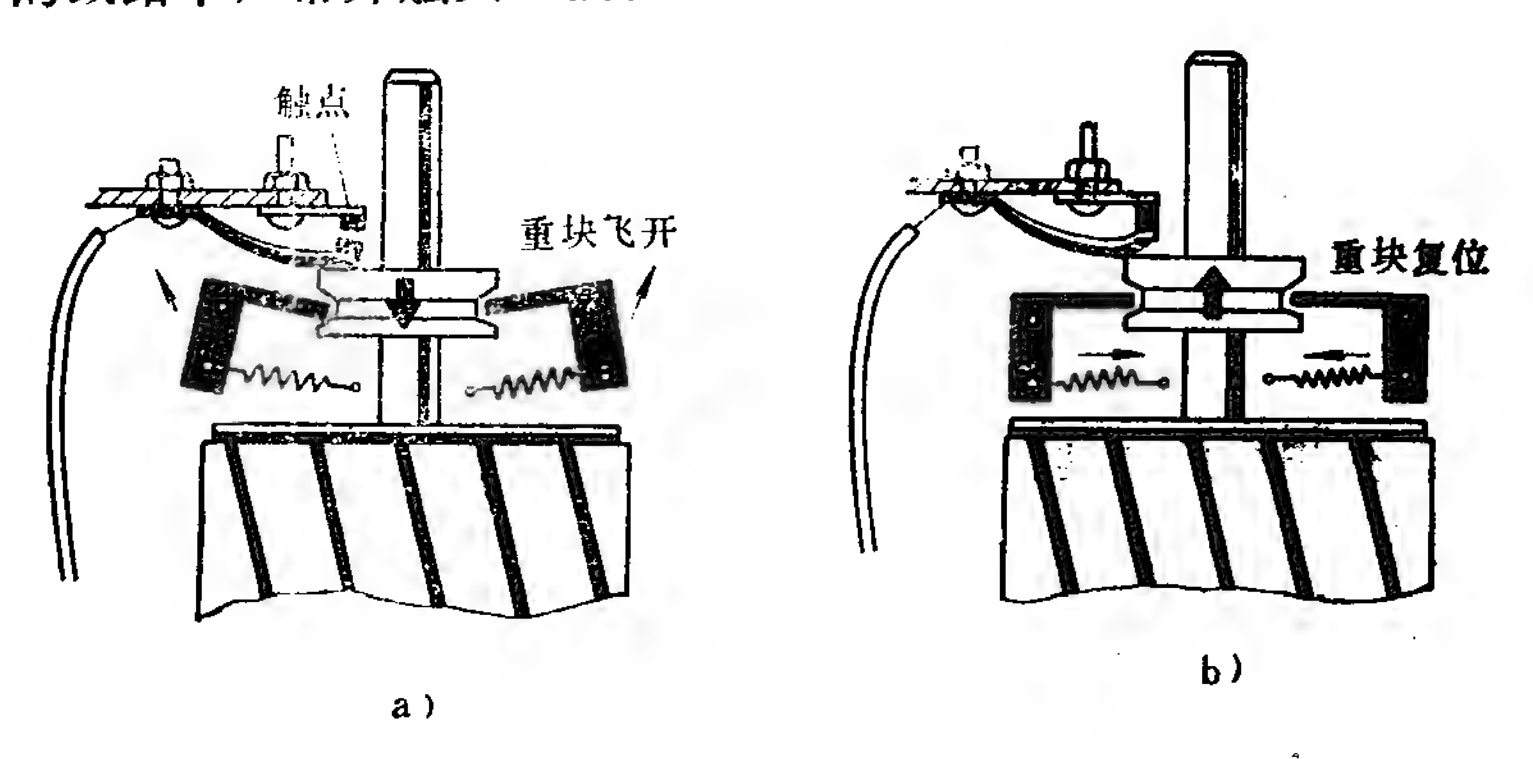


图2-1　离心开关工作原理

a）触头分断时状况　b）触头闭合时状况

起动时，主绕组起动电流较大，流过继电器线圈的电流产生足够大的电磁力吸引衔铁而使常开触头1闭合，接通辅助绕组电路。于是电动机起动，转子转速上升。

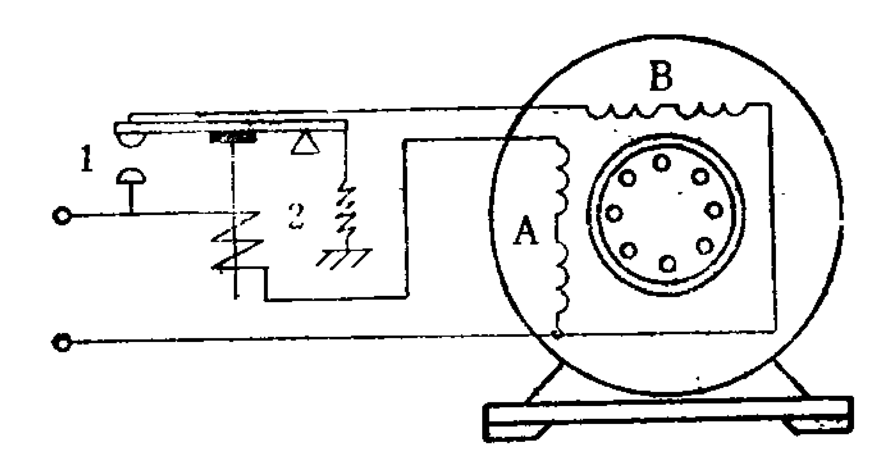


图2-2　起动继电器接线原理图

起动后，随着转速的升高，主绕组电流减小，小到一定程度时，因电流线圈的吸力不足，继电器释放复位，其常开触头1随之断开，切除起动绕组，电源恢复到起动前状态。

（3）按钮开关　这是一种最简单的起动方法，当前两种起动装置失灵或损坏后而又无法及时修理时，可以采用这种办法。其接线原理图如图2-3所示。将按钮开关同起动绕组串联后，并于主绕组两端，通过开关K接通电源。

起动时，按下按钮开关，接通起动绕组，而当电动机起动起来后，放开按钮开关，便切断起动绕组电源。

（4）PTC起动元件　PTC起动元件实际上是一种正温度系数的热敏电阻，"通"至"断"的过程即为低阻向高阻态转变过程。一般冰箱用的PTC元件，体积只有贰分硬币大小。其特点是：无触点、无电弧，工作过程比较安全，可靠、安装方便，价格便宜。缺点是不能连续起动，两次起动间隔3～5分钟。低阻时约几欧至几十欧，高阻时阻值为几十千欧。

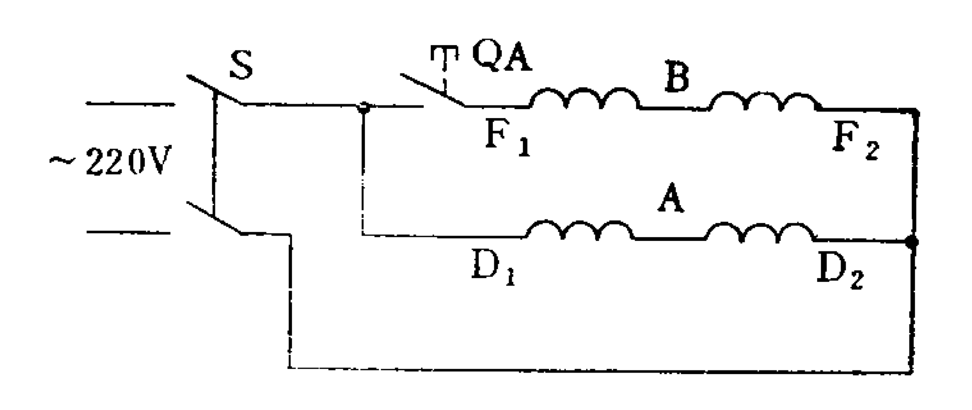


图2-3　用按钮开关起动电动机的原理图

图2-4是一种典型的PTC元件的阻值随温度变化曲线。T_C为居里点，在90℃附近出现最低阻值，100℃附近阻值与室温相等。在T_C以上，曲线斜率很大。只要初始电流能使PTC元件温度高于居里点，转换便能迅速完成。

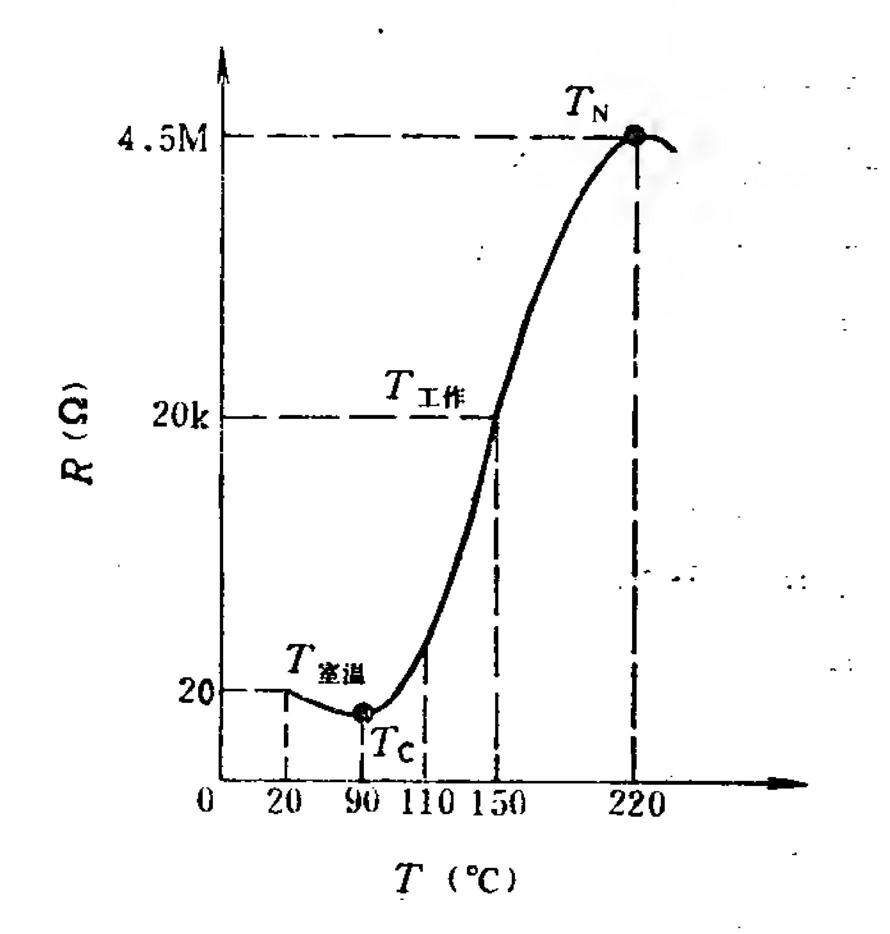


图2-4　PTC元件电阻—温度曲线

二、分相电动机的工作原理

1. 电容分相电动机的工作原理

电容分相电动机接线原理图如图2-5所示。电容器C选择适当

时，可使起动绕组电流在时间相位上超前于主绕组电流90°电角度，设主绕组电流为i_A，起动绕组电流为i_b，两相电流的变化曲线如图2-6a所示，辅助绕组电流超前主绕组90°电角度的相位。

图2-6b为单相电动机两相绕组所形成的旋转磁场过程示意图。主绕组用A—X线圈表示，辅绕组用B—Y线圈表示。两相绕组在空间互差90°电角度。

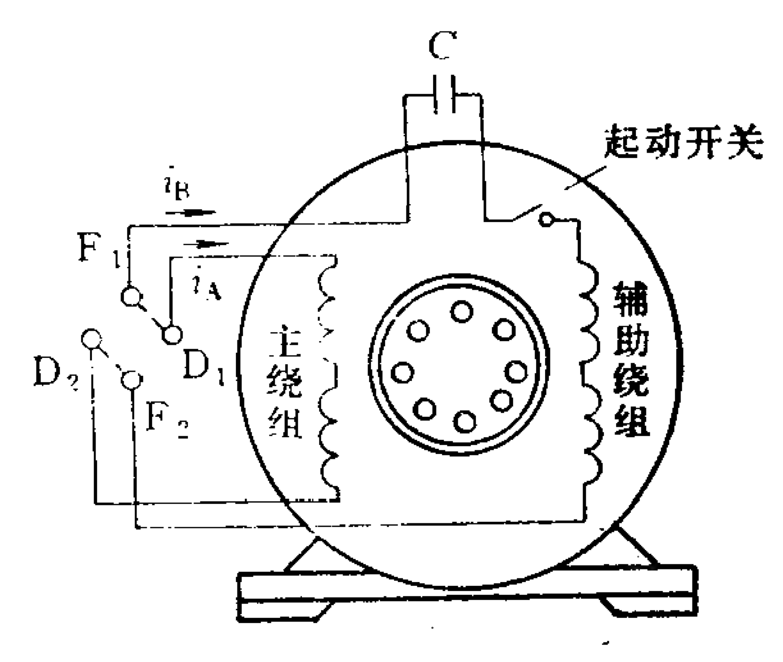


图2-5 电容分相起动电动机接线原理图

为了确定两相电流流进两相绕组产生的磁场方向，我们规定电流从线圈的首端（如A端）进入，从线圈末端（如X端）流出为电流正方向。这样可以定出两相绕组在几个不同瞬时(t_1、t_2、t_3、t_4)的电流实际方向和产生的磁场实际方向。例如t_1瞬时，主绕组A—X相电流为零，辅助绕组B—Y相电流为正最大值，B相电流由首端B进入绕组，用符号⊕表示。由末端Y流出绕组，用符号⊙表示。这时电动机两相绕组形成的合成磁场就是B—Y相绕组产生的磁场，由右手定则可知，磁场方向向下，如图2-6b中①所示。同理，t_2瞬时，辅助绕组B—Y相电流为零，主绕组A—X相电流为正最大，A相电流由首端A进入绕组，用符号⊕表示，由末端X流出绕组，用符号⊙表示，这时两相绕组形成的合成磁场就是A—X相绕组产生的磁场，由右手定则可知磁场方向自右向左，如图2-6b中②所示。用同样的方法可确定t_3、t_4瞬时绕组电流方向和磁场方向，如图2-6b中③、④所示。

由图2-6可知：

（1）两个在空间互差90°电角度的绕组，通以互差90°电角

要相位的电流所形成的两相合成磁场是一个近似圆形的旋转磁场。因而可以在电动机转子中产生一个较大的起动转矩。

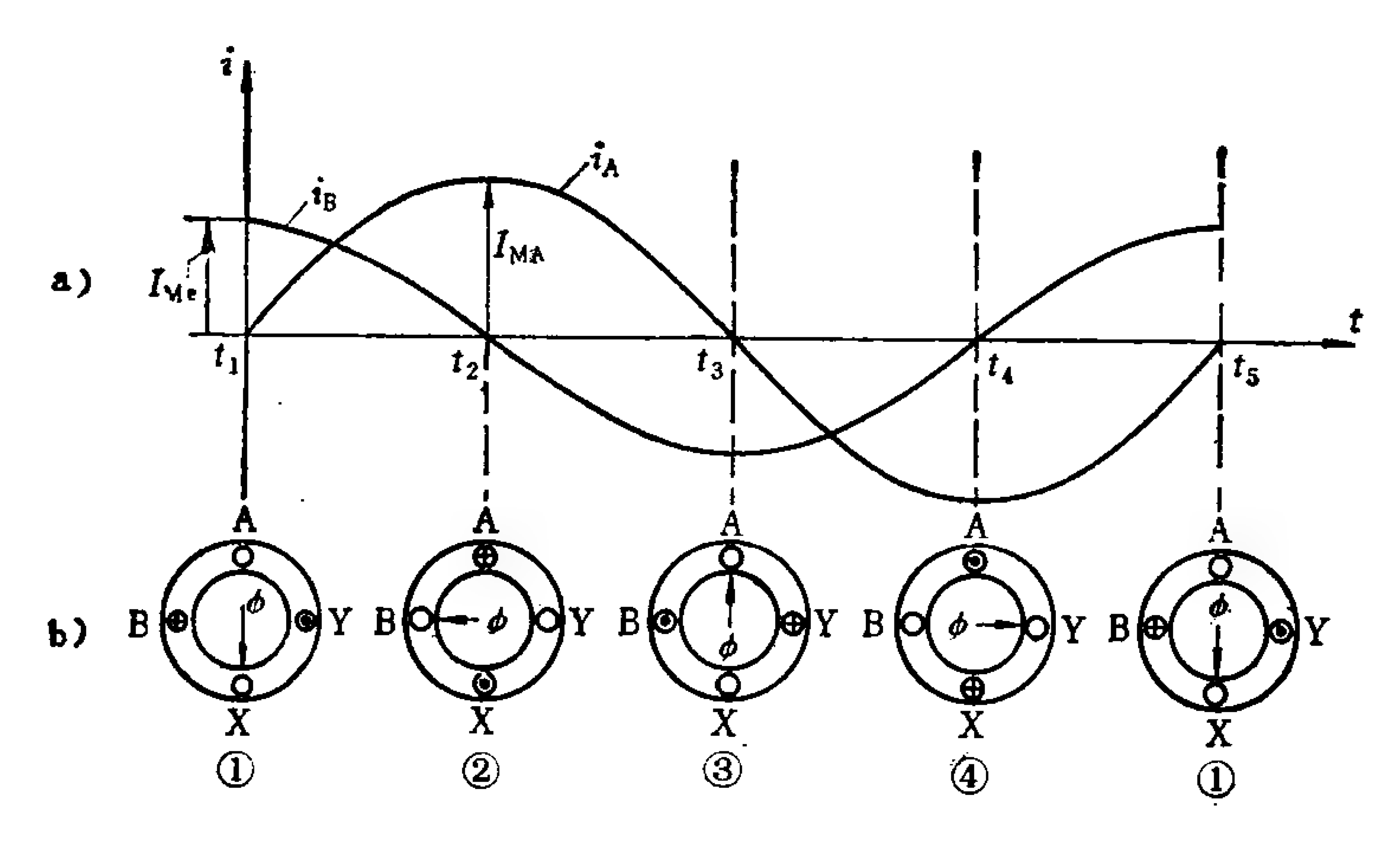


图2-6　两相电流通过两相绕组产生两相旋转磁场示意图

（2）旋转磁场方向和各相绕组中电流达到最大值的次序有关。合成磁场先与B—Y相绕组轴线重合，而后再转到A—X相绕组轴线重合，即合成磁场方向是由超前电流的辅助绕组相(B—Y相）转向落后电流的主绕组相（A—X相)。

电容分相电动机转子的旋转方向，同三相电动机一样，也是和旋转磁场的方向相一致的。因此，只要将两相绕组中任一相的头与尾对调接至电源，就可以改变两相合成磁场的旋转方向，也就改变了电动机的旋转方向。

（3）两相旋转磁场速度和三相旋转磁场一样，可用下式决定：

$$n_1 = \frac{60f}{p}$$

式中　f——电源电压的频率；

p ——磁极对数。

电源频率为 50 赫，在电动机具有不同的磁极对数、如 $p=$ 1、2、3、4、时，两相旋转磁场对应的同步转速分别为3000、1500、1000、750转/分。

同于三相电动机，单相异步电动机的额定转速 n 略小于同步转速n_1，即 $n<n_1$。

电容分相起动电动机所得到的起动转矩M_q较大，一般$M_q=(2.5\sim3.5)M_e$，而起动电流I_q却较小，一般$I_q=(4.5\sim5.5)I_e$，同时，还提高了起动时的功率因数。显然，这种电动机起动性能较好。参见起动特性曲线图2-7a。图中，M_e为额定转矩，$\frac{M}{M_e}$为输出转矩倍数。

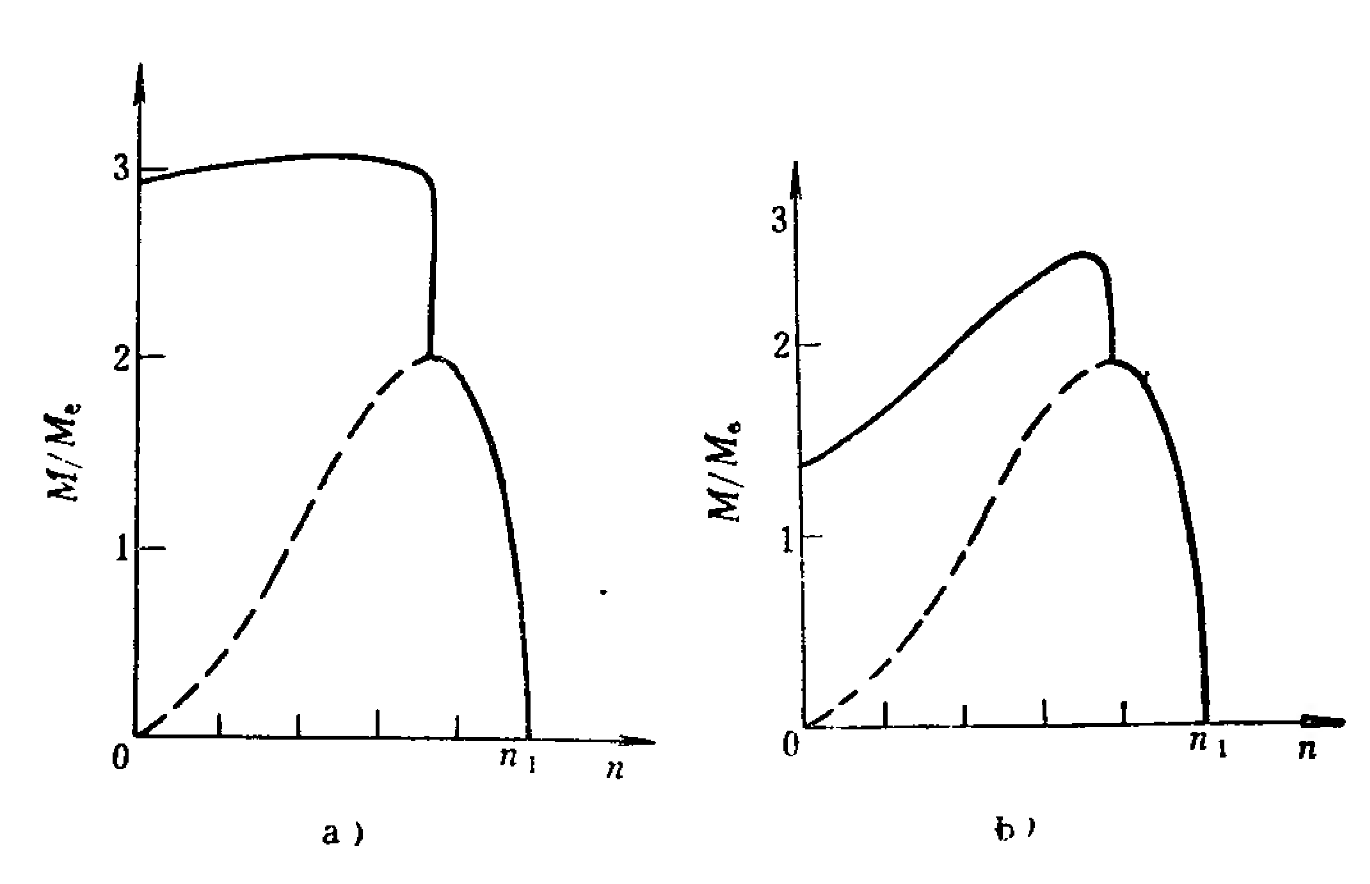


图2-7 分相起动电动机的机械特性图

a) 电容起动 b) 电阻起动

当电动机转速升至一定值后（达到同步转速的75～80%时），起动装置动作，将辅助绕组和电容器从电源上断开。因此，所用电容器工作时间不长，可以采用电解电容器。

目前，我国生产的电容分相起动的单相电动机，老系列的有JY系列，极数有2、4两种，技术数据及绕组排列参看附录1-1；新系列的有CO系列，极数有2、4两种，容量为120～750瓦。对于要求起动转矩较大的机械或要求起动电流较小的机械，如小型压缩机、电冰箱、磨粉机、水泵及满载起动机械，均采用这种电动机。

2．电阻分相起动电动机的构成及其工作原理

（1）电阻分相的构成可由下列3种办法实现：

1）辅助绕组使用细的导线，以增大起动绕组的电阻。

2）辅助绕组匝数比主绕组少，以减小起动绕组的电抗。

3）两个绕组在同一个槽中时，将主绕组放在槽底，辅助绕组放在槽的上部，这样，使主绕组电抗增大，辅助绕组电抗减小。

（2）电阻分相电动机的工作原理　当两个绕组接同一单相电源电压时，由于它们的电阻、电抗不同，两绕组中的电流也不相同。与电容分相电动机的工作原理一样，由于两个绕组电流不同相，便能在电机绕组中形成两相椭圆旋转磁场。使电机产生起动转矩，因而电动机能够自行起动起来。待电动机转速增加到一定程度后，辅助绕组不起多大作用，反会造成电动机铜耗的增加。因此，可在辅助绕组的线路中装上起动装置，当速度上升到约为同步转速的80%时，起动装置自动切断辅助绕组的电源。

由于电阻分相电动机的两绕组中电流之间的相位差难以达到90°电角度，因此，较电容分相电动机的起动转矩小，起动电流大，参见图2-7b起动特性曲线图。

但是，电阻分相起动电动机，比电容分相起动电动机省去一只电容，故价格较低廉。根据以上特点，只适用于要求起动转矩不大的机械、而起动电流对电源又无多大影响的场所，如小型车床、鼓风机及医疗器械等。

改变电动机旋转方向的方法，一般是将接在接线板上的辅助绕组的两根引线换接。

我国生产的电阻分相起动单向电动机，老产品有JZ系列，极数有2、4两种，技术数据及绕组排列参看附表1-2；新系列有BO系列，极数有2、4两种，容量为40～370瓦。

三、分相电动机故障分析及检查方法

单相异步电动机故障包括机械与绕组两个方面。机械方面的故障常见的有：轴承磨损和破裂、轴的铁心档或轴颈磨损、轴弯曲、裂纹和断裂、端盖裂缝、变形或缺损等等；绕组方面的故障常见的有：短路、断路、接地和接反等。

1. 检查电动机外观和机件

查看电动机端盖、转轴有无变形和损坏，接线盒内接线是否牢固、正确，各个螺纹是否拧紧，各零部件是否齐全。

2. 检查轴承的方法

滚动轴承的精密度要求很高，在转速快、温度高、负荷重及振动大的条件下工作时，出现故障的机会较多，磨损超限也快。轴承故障主要来自不正常损坏，其检查方法如下：

（1）运行中轴承的故障检查处理方法　在运行中检查轴承主要是靠听声音，根据声音判断故障。

1）利用轴承听音器来检查　可以参考图2-8自制一个轴承听音器。检查时，一端顶在轴承盖边缘上，另一端塞在一个耳孔里，同时用手指塞住另一个耳孔。判断时，思想要高度集中在被测的轴承噪声上，认真、

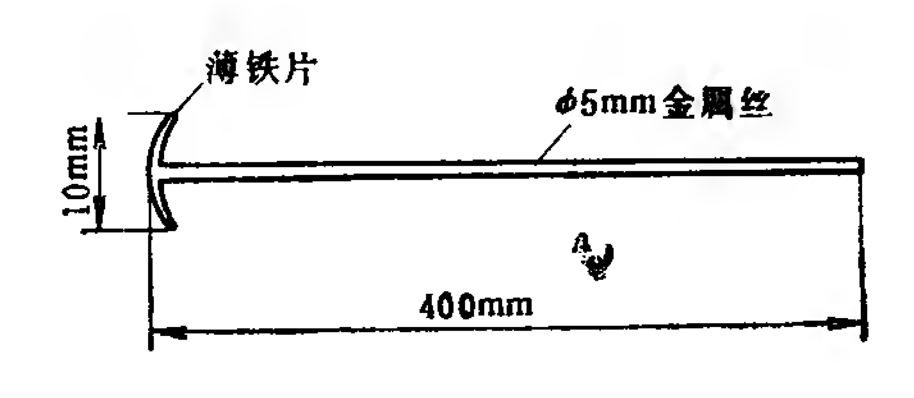


图2-8　简易轴承听音器

细心、准确地辨别其中情况。

2）晶体管轴承检查仪测听法　晶体管轴承检查仪电气原理图如图2-9所示，用电唱机的电唱头（拾音器）作噪声接收器，顶在电机端盖外缘，将轴承中发出的声音转换成音频讯号送入音频放大器进行放大，放大后的音频讯号再由耳机还原成声音送入人的耳朵。这种办法比听音器更优越，听起轴承中的噪声更加清楚，判断更为准确。

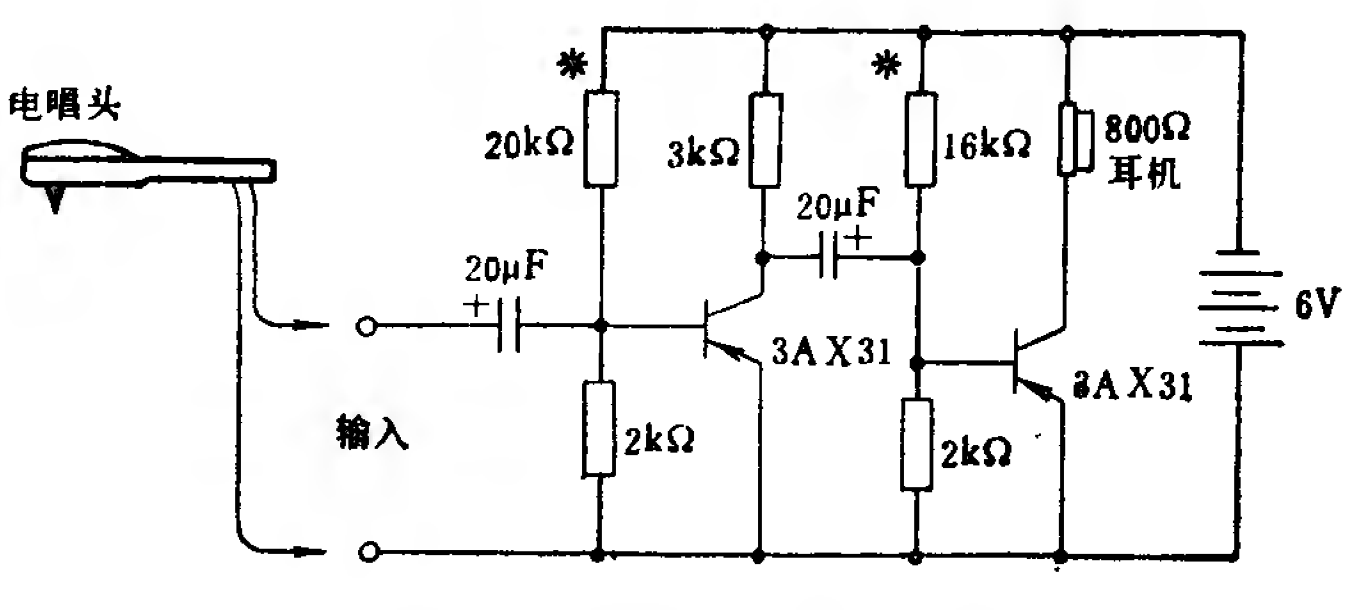


图2-9　晶体管轴承检查仪电气原理图

3）运行中轴承的几种常见故障分析列如表2-1。

表2-1　轴承常见故障分析表

序号	轴承在滚动中发出的声音	可能发生的故障原因	处理方法
1	听到明显的滚动体滚动和振动声	轴承间隙过大的象征	若确认间隙过大，应该更换
2	滚动体声音发哑，声调沉重	润滑油脂太脏，有杂质侵入	更换润滑油脂，清洗轴承
3	滚动体有不规律的撞击声	个别滚动体破裂，裂块已掉出，珠架尚完好	停机检查，若确是滚动体破裂，应更换轴承
4	近似口哨的叫声，夹杂着滚动体的滚动声	轴承严重缺少润滑酯或油酯选择不当	补充清洁的润滑酯或更换合适的润滑酯

（续）

序号	轴承在滚动中发出的声音	可能发生的故障原因	处理方法
5	轴承温度突然升高	配合过盈太大，装得不准；油脂粘度太大，油脂过量等	当轴温过高时，要停机查明原因
6	声音有周期性的忽高忽低	负荷轻重不一致	设法使负荷均匀

（2）静止状态下检查轴承的方法　当轴承故障比较严重时要进行如下检查，以确定是否应当更换。

将转轴作上下摇动、前后推动及转动，查看上下有否松动，前后有否不正常的串动，运转是否灵活，润滑油是否适当，轴承有无破裂等。轴承磨损、轴承与轴承座及轴承与转轴之间配合过松，均会造成松动与径向跳动；当电动机运转时将会发生轴承内钢圈相对转轴运动，轴承外钢圈相对于轴承座运动，转轴前后串动及转子下沉造成定、转子相擦，这将会使轴承以致整个电动机严重发热，甚至在接通电源时，熔丝立即熔断，电动机无法起动。必要时，需将轴承清洗干净，看轴承内是否有黑色麻点锈蚀等情况，轴承出现以上不良现象之一时均应更新。

3．检查绕组的方法

（1）绕组的匝间短路故障检查与分析　匝间短路是指绕组内部线匝之间的绝缘损坏，相碰在一起形成短路圈。当电动机长期过载运行，过量发热时，形成绝缘老化脱落，造成绕组短路。新绕的绕组也会因嵌线时不注意擦伤了绕组的绝缘而造成匝间短路。

绕组发生匝间短路时，轻者，电动机运行时电流明显过大，电动机产生强烈的噪音及振动；重者，将造成电动机不能起动，此时一经合闸，熔丝立即熔断。在发生匝间短路故障时应及时处

烫，时间稍长，短路范围扩大，电动机将会冒烟以致烧毁。

发生匝间短路的地方，一般绝缘漆的颜色变深，可以很容易地从绕组表面观察到。故障较轻时可用短路侦探器侦查。侦探器是用冂型铁心迭成的，外绕足够的线圈。短路侦探器的制作及简单计算如下。

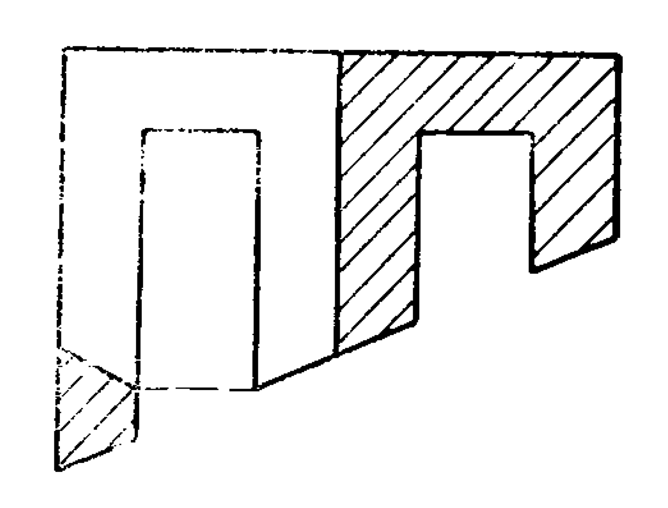


图2-10 E型铁心改制短路侦探器的裁剪方法

如图2-10所示，短路侦探器可采用废旧的日光灯镇流器铁心或小型电源变压器铁心改制，把图中的阴影部分去掉，留下的部分即成了冂形铁心，在上面绕上若干匝励磁绕组即可。也可用0.35～0.5毫米的硅钢片叠成开口型铁心。

励磁绕组的匝数与导线的直径，应根据已选定的铁心尺寸与截面积计算。单相电动机定子铁心尺寸小，因此，选小型E字型铁心改制较为合理。计算步骤如下：

1）由铁心截面积决定容量

$$S = a \times b \text{（厘米}^2\text{）}$$

根据图2-11的曲线，选定容量P_S（伏安）

2）根据容量计算励磁绕组导线直径

励磁电流为

$$I = \frac{P_S}{U} \text{（安）}$$

式中 U——励磁绕组的端电压（伏）；

I——励磁电流（安）。

裸导线直径为

$$d = 0.9\sqrt{I} \text{（毫米）}$$

根据计算出来的d，选择接近的标准线规的漆包线。

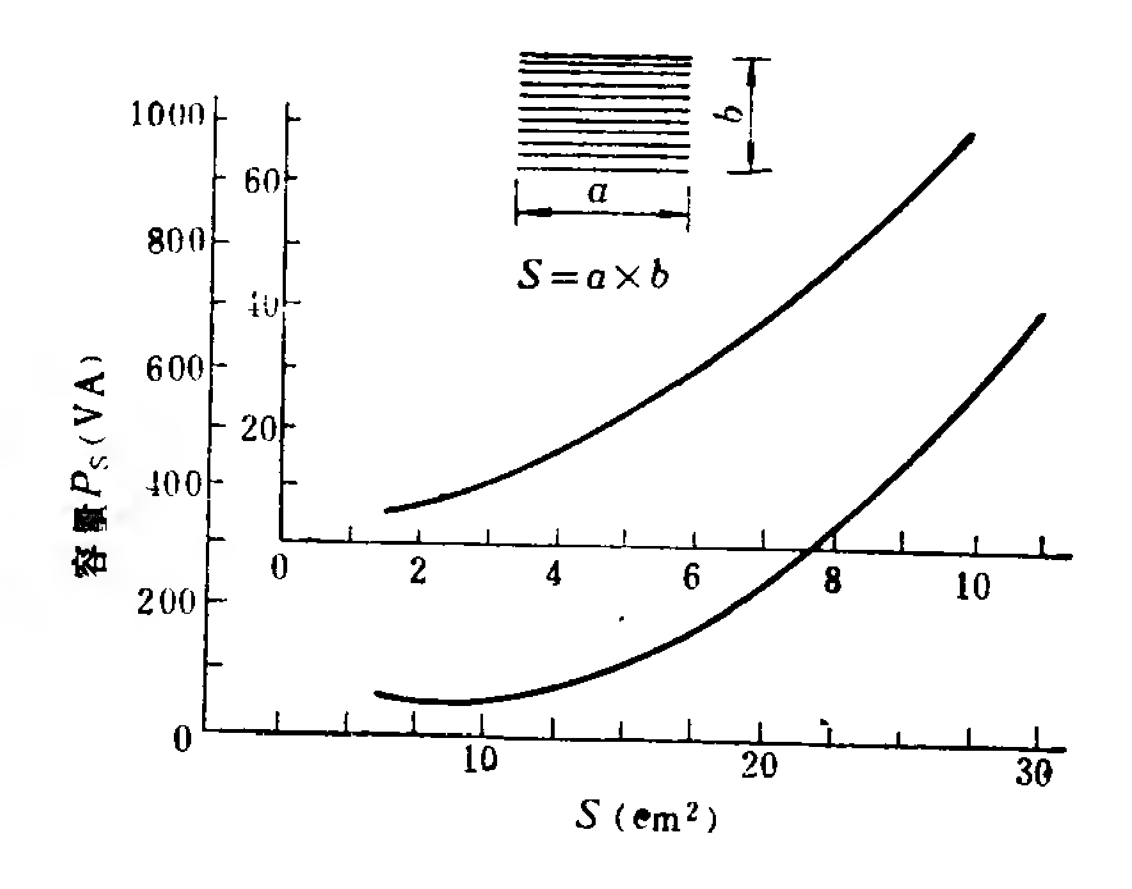


图2-11　铁心截面积与容量关系曲线

3）计算励磁绕组的总匝数

$$W=\frac{K}{S}\cdot U\ (匝)$$

式中，K为常数，约为32～40，根据铁心窗口容积而定，尽量取用大值。

（2）绕组的断路故障检查与分析　绕组断路一般是由于接线头松脱、接线头上面不清洁而使导电不良；主绕组或辅绕组一路断线；起动装置，如起动继电器触头接触不良或离心开关触头因零件磨损失灵，异物侵入以及开关旋转部分对静止部分所加压力不够而使触头接触不良等情况，均能造成电路不通形成断路故障。

无论是主绕组或辅助绕组断路，都会造成一相不通电，而使电动机不能产生起动转矩，致使电动机不能起动。

检查绕组的断路故障，一般在电动机解体后，用万用表检查绕组的各极相组及其联接线。

（3）绕组的接地故障检查与分析　接地故障的发生原因，多半是因为绕组两个端部凸出槽外太多，以致和电动机端盖相碰，把导线绝缘擦破。新嵌线的定子，因槽的边角部位十分锋利而割破线圈的绝缘，特别是线圈的有效边较短时更容易发生此种情况。此外，离心开关可能与端盖相碰发生接地。

绕组接地如果是一点，将会使电动机机壳带电，电动机虽能运转但极不安全。若接地点在两个以上，同时形成了短路故障，电动机绕组将流过很大的短路电流，此时，熔丝将熔断，或绕组冒烟而烧毁。

检查绕组接地，常用兆欧表。

（4）检查线圈组接线是否接反　这种情况是指新换绕组的电动机，由于线圈组之间连接线接反，引起的故障同短路故障一样，将出现很大的短路电流，使熔丝熔断或使电动机烧坏。

4．检查电容器的方法

电容分相电动机，往往因电容故障而使电动机无法起动。电容器常因内部短路、断路，或电容量不足造成故障。引起电容器故障的原因有：

（1）当电源电压过高时，将会引起电容器的绝缘介质击穿而发生短路。这时，起动绕组回路内因电容器短路而电流过大，从而使绕组过热直至烧毁。

（2）使用过久或保管不善，致使电容器受潮、引出线霉烂甚至断路。电容器断路使起动绕组回路不通，因而电动机不能起动。

（3）电解电容器电解质干涸，使电容量显著减少，因而使电容分相电动机起动转矩变小，电动机起动不起来。

电容器的故障情况可用万用表来检查。电容分相电动机常用1微法拉以上的电容器，检查时，首先将万用表的转换开关放到1千欧或10千欧一挡，并用金属物将电容器两接线端短路，放电。

然后用万用表两根测试棒接电容器两个接线端，如图2-12所示。如果是电解电容器，则应将万用表的负表笔接电容器正端，正表笔接电容器负端，观察指针摆动情况。

1）电容器完好时，万用表的指针将大幅度地向零的方向摆动，然后又慢慢地回到某一数值，约为几百千欧以上。

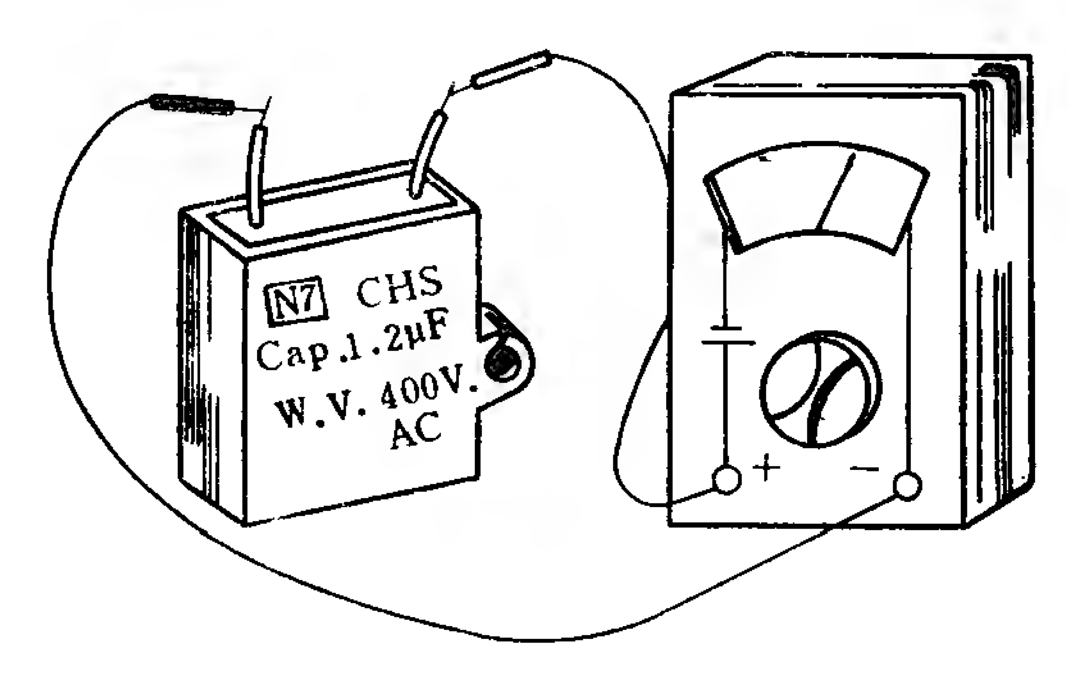


图2-12 用万用表检测电容器

2）若电容器短路，万用表的指针大幅度地摆动到零的位置后，则不返回。

3）若电容器断路，则万用表指针不摆动。

4）电容器的容量足与不足，一般用比较法来确定即拿一容量相近的好电容器与之比较，若用万用表测试时，指针摆动的幅度差不多，则说明被检查的电容器是好的，否则，指针摆动幅度较小，电容器容量小。

电容器的容量还可以用图2-13所示的电路来测量，将交流电流表（量程为0～10安）和交流电压表接好后，通过熔丝接到适当电压（视电容器电压而定）的电源上。若是电解电容器，通电时间应在数秒钟内，否则会损坏电解电容器。

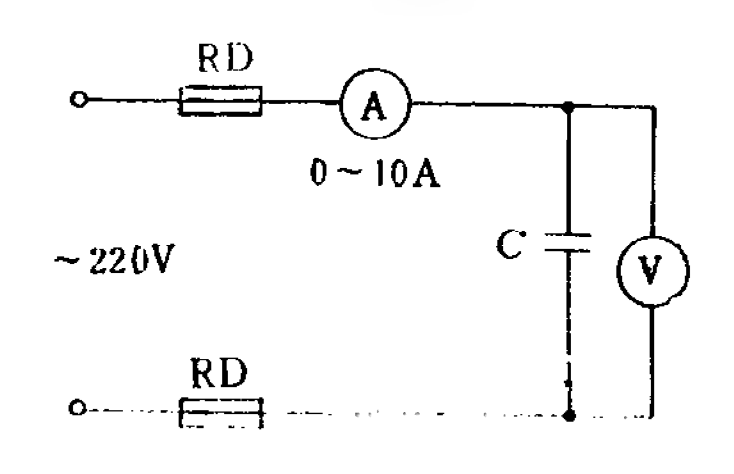


图2-13 通电测量电容器容量

通过测量，记录下电流表与

电压表读数，当电源频率为50赫时，可按下式算出电容量：

$$\text{电容量（微法）}=3180\times\frac{\text{电流表读数}}{\text{电压表读数}}$$

当所算出的电容量小于额定值的60%时，可认为电容器已失效，必须更换。

5．确定绕组更换与否

经过上面的检查与分析之后，便可基本上找出分相电动机的故障范围。而当绕组匝间短路或对壳接地故障严重时，则应进一步检查，确定是否需要更换绕组。

检查时常用试验灯、万用表、兆欧表、短路侦探器、指南针等辅助检验工具。

（1）短路　寻找分相电动机内部线圈短路的方法很多，主要有以下几种：

1）触摸法　把电动机开动一个时候，凭触觉去判别各磁极线圈，通常最热的线圈便是有短路故障的线圈。

2）短路侦探器法　使用短路侦探器前，应接通与其相应电压数值的电源。将电动机解体之后，把短路侦探器放在定子铁心内腔上，按槽去试，并且同时把一根锯条或其他金属片放在被试槽所属线圈另一边的槽上。如果某槽内的某个线圈有了短路，那么锯条就会剧烈振动而发出噪声。见图2-14。

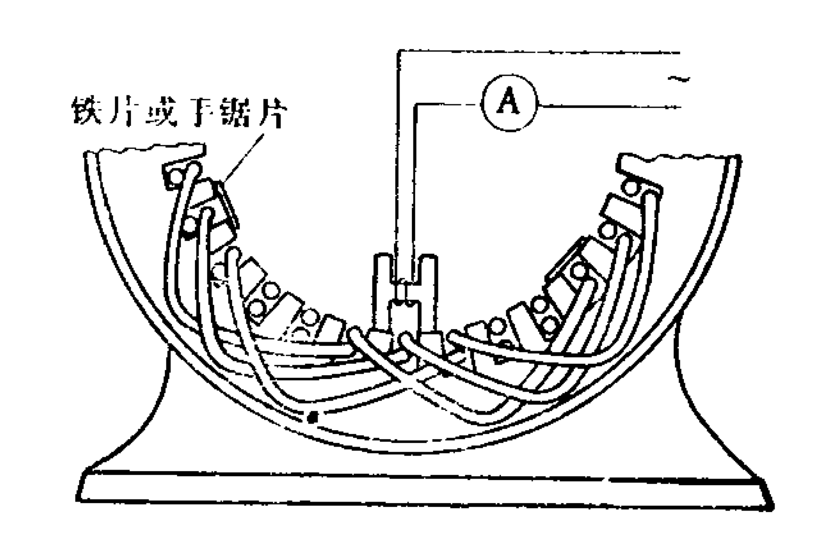


图2-14　用短路侦探器检查短路绕组

3）电压降落试验法　绕组内通入低压直流电，再用一个直流电压表去测量各磁极绕组的电压降值。其中电压降最小的一个磁极绕组内必有短路。

4）磁场强度试验法　在绕组内通入低压直流电，再用一块铁片去试验各磁极对该铁片的吸引力。吸力最小的一磁极线圈便有短路。

5）电流表法　此法一般用于测量整机有无短路故障。测量时，将电动机作空载运行，用普通电流表或钳形电流表测出空载电流值，大于该电动机铭牌上的数值时，可能有短路。

（2）断路　其测量一般使用万用表或试验灯来测试。

1）基本检查方法

① 万用表法　是用欧姆挡去逐级测量各绕组的出线端，主、辅绕组分开查，有阻值则表示绕组完好，阻值无穷大即为断路。此法最简单，能较快地找到断路点。

② 检验灯法　在无万用表时，可串一只试验灯来检查，灯光明亮表示电路完好；若灯不亮，就表示绕组里面有断路。

具体检查如图2-15所示，将灯的一端接在绕组的一端，灯的另一端依次分别去接触各极绕组的出线端1、2、3及4各点，当接入1时，如果灯不亮，则第1磁极线圈有断路。现接1、2灯亮，而接3时不亮，说明第3线圈有问题。……依次类推，线断在何处是可以找到的。

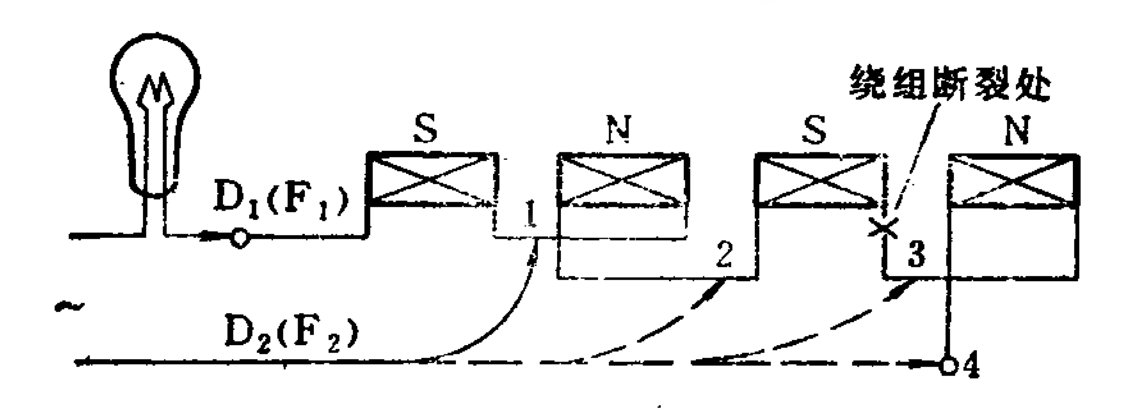


图2-15　用灯泡法寻找断路点

2）起动绕组的检查　起动绕组回路的检查比较复杂一些，它包括绕组本身及起动器（离心开关）等两部分。起动绕组的检查可按上述办法，而离心开关故障的检查最为麻烦。

离心开关的开路，常因开关旋转部分对静止部分所加的压力不够，以及它的接触点因零件磨损、失灵、太脏或杂物的侵入，而影响到它在闭合时接触不良所致。

① 不拆开电动机机身的故障检查方法　用万用表检查。如图2-16所示，将万用表打到欧姆挡，两只表笔搭在起动绕组回路的两端。当离心开关正常时，万用表指示"通"，如果"不通"，则可能是离心开关没有良好闭合。设法将转子朝前端盖方向推一下，使开关有较好的接触机会，这时万用表则能指示"通"。

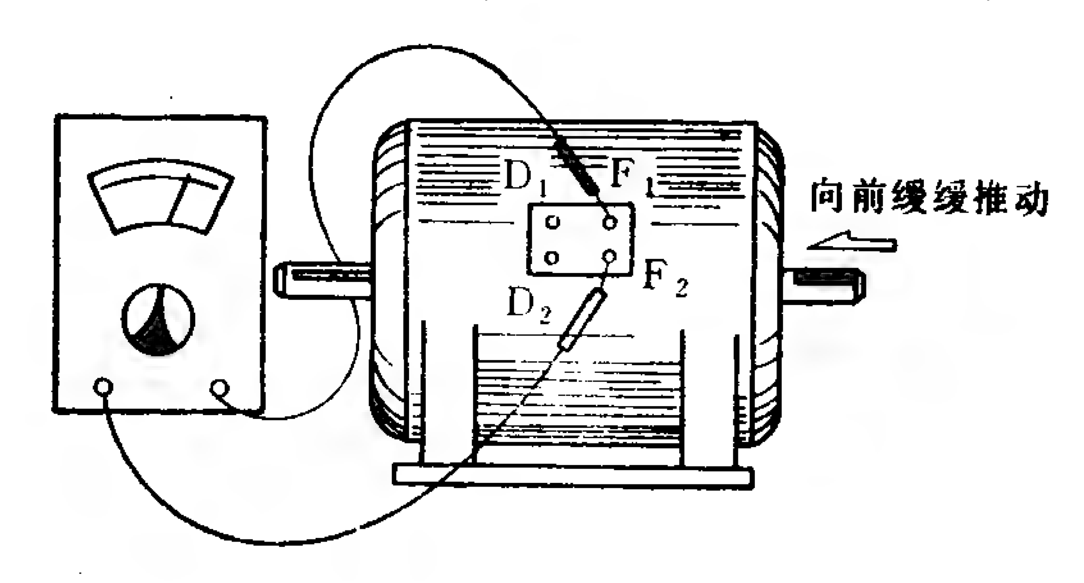


图2-16　用万用表检查和调整离心开关

排除这种故障的办法，可用几片薄铜片（没有薄铜片，铝箔或纸箔也行），制成垫圈，衬入联接皮带轮一面的转子轴端，使转轴略向前。

如果出现转子轴朝后端盖推时，万用表指示"通"，则应相反地拿去转轴向前端盖一方的几个垫圈，方能使离心开关接触良好。但不论用何种方法，都应注意保持转子正常灵活的运转状态。以用手轻轻转动转子时，不得出现明显的死点为原则。

经过上面的检查之后，电路仍不通，则说明起动绕组部分有开路现象。则应按运转绕组开路的检查办法检查起动绕组部分。

用检验灯泡检查。是将检验灯串入起动绕组回路，参考图2-14通以与侦探器相应的电压。当离心开关触头完好时，灯亮；否

则灯不亮。具体调整及解决方法同于万用表检查方法。

② 电动机已经拆开且离心开关接于起动绕组上的断路故障检查方法　当电动机已经拆开后，检查断路已经比较简单了，使用万用表与检验灯均可以。把绕组部分与离心开关部分分开检查，首先确定哪一部分断路。属于绕组方面的断路，再按运转绕组断路检查法，寻找断路点；属于离心开关接触点或机构问题，便须很仔细地将各接触面加以清洁，旋转机构部分的压力也要重新调节适当。

（3）通地　检查绕组是否通地，可用检验灯和摇表（兆欧表）进行检查试验。

检验灯法检查，接线参考图2-17，将灯的一端搭在任一绕组出线头上，灯的另一端接在电源相线（即火线）上，电源的零线接在机壳（或者铁心）上。如有绕组通地，灯即亮。

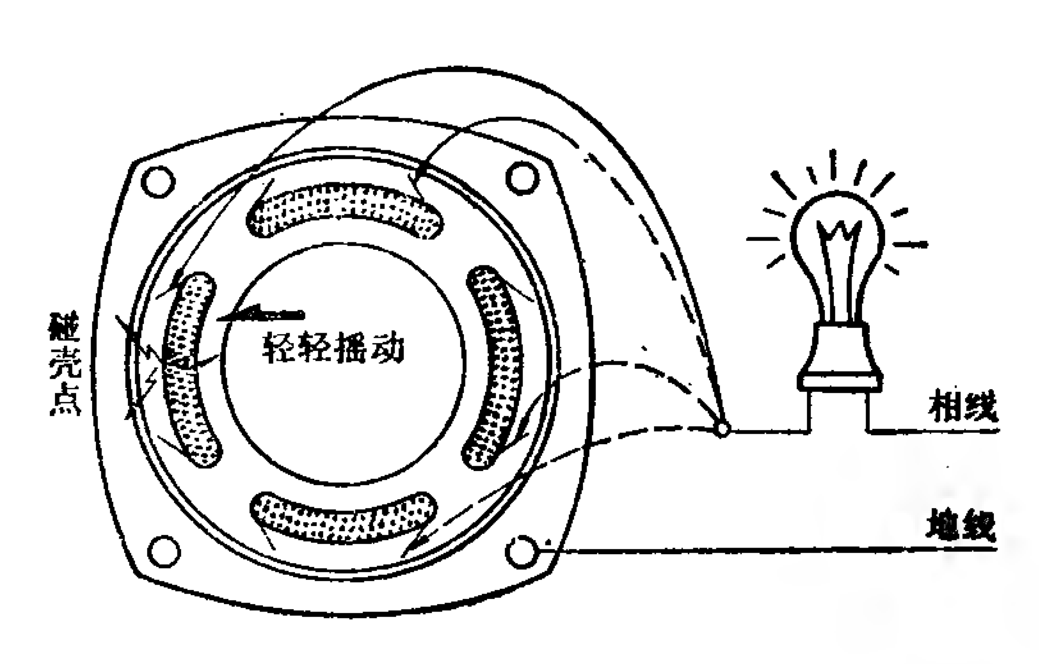


图2-17　检查绕组碰壳法

知道了电动机内有通地点后，可结合视觉观察、寻找通地点：仔细观察绕组内的各根导线或线圈底部是否有与铁心发生碰触的现象。并设法将绕组前后略为摇动一下，留意检验灯是否相应地闪烁。灯光闪烁则表示通地部分时接时离。有时也可以在绕组通地部分觉察到微弱的火花。

如果用这种试验仍不能奏效，就需将各级绕组间的过桥线接头拆开，分别检查。仍可拿检验灯来检查，检查时，电源接壳的

一端不动，而检验灯接绕组的一端依次分别搭接已拆开的过桥线头，当某只线圈有通地现象时，灯便亮，用这种办法能够较快地判断出通地线圈或通地点。

使用兆欧表检查通地，更为方便。只是试验中，轻轻摇动线圈时，需要两人配合。其方法是，摇表的一根线接机壳，另一根线搭接被测线圈的引出线线头，是否通地由摇表的兆欧数值来决定，比较准确。

6．右手螺旋定则检查绕组极性法

接线错误一般发生在更换过绕组、更换过线圈组或者在上述3种检查中打开过线头之后的电动机上。由于极与极间线圈过桥线头搞错，而出现反接现象。这时一般要进行极性检查。

检查绕组是否有反接的最准确、最简单而且适用的办法是右手螺旋管法则。其做法是：假设工作绕组(或起动绕组)的任一电源引线为电源电流进线，把每极的线圈组看成是大大小小的螺旋管，如图2-18所示。右手顺电流进入方向而握线圈组，依照电学中右手螺旋定则，四指表示电流方向，那么拇指所指的方向即为N极。如果判断结果拇指指向转子，即定为产生N极，若拇指指向机壳处，即定为产生S极。

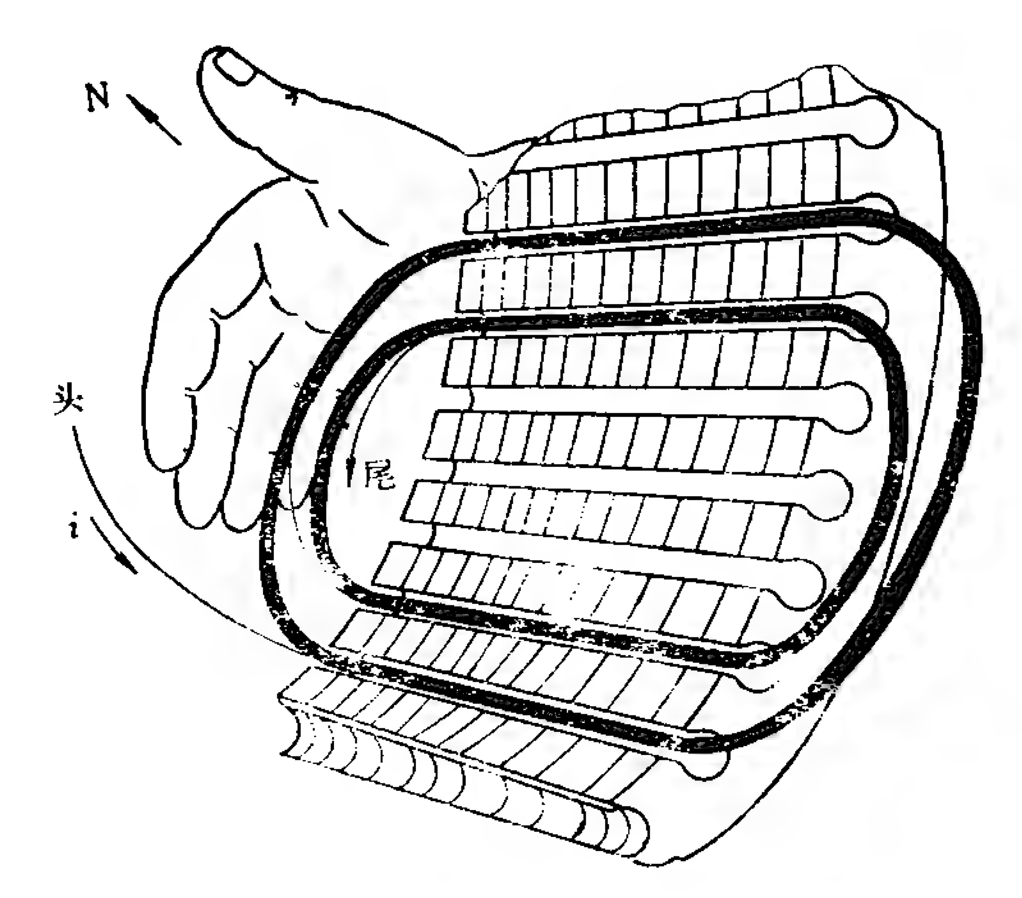


图2-18　右手螺旋管定则检查法

检查时，如是两极的电动机，第1个极的线圈组产生的是N

极，那么依次第 2 个线圈组应产生 S 极，如果第 2 个线圈组还产生N极，那么就表示两绕组为反接；如果第 1 个极的线圈组产生的是 S 极，那么依次第 2 个线圈组应产生N 极，如果第 2 个线圈组产生的还是 S 极，则表示这个绕组为反接。对于 4 极电动机的 4 个线圈组检查判断结果，应该是NSNS或者SNSN，如果出现NNSS或者SSNN，那么，这 4 个线圈组则为反接。

此外，用指南针法与铁钉法进行极性试验，也比较准确，能直观地展示绕组是否有反接。

采用指南针法去试验电动机极性时，参考图2-19，将定子横放，并通入低压直流电源。然后，将指南针置于定子内腔壁，缓缓沿各极移动。当接法正确，极性正常时，指南针每经过一极时指针应转动180°，S、N极性应变换一次。如遇到相邻两极指针方向不变时，表示两极线圈反接。

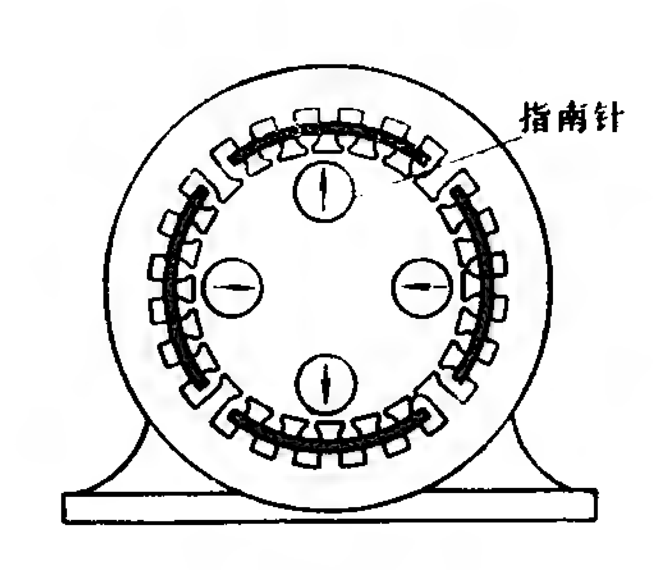


图2-19 指南针检查绕组反接法

使用铁钉法时，可将定子竖放，通入低压的交流或直流电源，然后在铁心上放一铁钉，铁钉的两端即指向两极的中心。如相邻两磁极极性是正常的，该钉则应被两极吸引住；如极性错误，则铁钉一端被推斥。

判断出某一极极性相反时，可将该极线圈的两个接线端互换一下。如发现反接的线圈端头较多，应当按该机的接线图或按右手螺旋定则检查法重新核查、接好，再作试验。

四、常见故障的修理

分相电动机常见故障现象也比较多，为修理便利，现归纳为：

电动机不能起动；电动机的转速低于它的额定转速；电动机在运转时发热；电动机运转时噪声大及电动机全浸水后的处理等五方面来叙述。

1. 电动机不能正常起动

（1）首先检查电源电压是否正常　当电源电压时有时无或电压过低时，将会导致电动机起动转矩过小而不能起动。这时可用万用表测试电源电压，如确实如此，应仔细检查电源开关、供电线路直至变配电柜，查看是否有接头接触不好的现象。如无，则属供电电压过低，这时，应用万用表测量配电柜各相对地电压，若低于额定电压10％以上，则向供电部门反应解决。维修人员应当知道，一般变电站常根据季节的变化、线路负荷的增减而通过分接开关调整变压器的输出电压。电压的降低对三相电动机的起动影响是不大的，而对依靠椭圆形磁场起动的单相电动机来说影响是比较大的。

（2）检查绕组是否断路　若电源正常，则检查绕组是否断路。

主、辅绕组回路均有断路的可能，但一般辅助绕组电路因元件较多，发生断路故障的机会多一些。

1）主绕组断路　接通电源，如电动机无任何动静，则应立即按照第三节“故障的检查方法”，用万用表法或试验灯法查电动机的主绕组是否断路。主绕组的断路故障排除后，再接通电源，电动机可能运转正常，也可能只发生嗡嗡声而不能起动。这就说明了起动绕组同时有断路。

2）辅助绕组断路　检查时，如果起动装置用的是起动继电器的话，可将继电器与辅助绕组串联的两个接头“短接”，合上电源，若电动机能起动，则说明起动继电器的触头有问题，故障可能是继电器的触头接触不良或损坏，或电磁线圈的吸力不足，或

是弹簧失效，如有以上情况应针对其原因加以修理。

如果起动装置是离心开关，可在辅助绕组电路串联检验灯后，通电试验其发亮与否，或用万用表测量其通断。具体作法先按电动机解体前测量离心开关好坏的办法进行检查，问题解决不了时，再将电动机解体，按解体后的离心开关检查法进行检查，并予排除。

假如将起动装置的触头短接，合上电源后，电动机仍不能起动，则说明与起动绕组断路或电容器损坏有关。按照第三节中电容器的检查方法测量电容器，如属电容器损坏，更换新电容后，电动机便能起动。如电容器完好或者更换电容器后，电动机仍不能起动，则只能说明起动绕组断路。这时只有将电动机解体，并按主绕组开路故障的检查方法，逐步找到起动绕组的断路点。

3）绕组因烧坏而断路　对于分相电动机来讲，无论主绕组还是辅绕组，如有元件或线圈组烧坏，均会因过热而直接影响绝缘。所以，决定重新绕线时，应将主、辅绕组同时换掉，以防未换的旧线圈发生类似的烧坏事故。

（3）检查绕组短路和接错　绕组内部如果有短路和接错故障，均会造成电动机的起动转矩降低。合上电源后，将因电动机短路电流过大，而又起动不了，致使熔断器的熔丝熔断，此种故障的检查与修理，可按上节“短路故障”与“右手螺旋定则检查绕组极性法”进行，并予排除。

（4）过负载　若电动机绕组完好，则检查负载情况。负载过大将引起负载转矩增大，当电动机起动转矩不能克服负载阻转矩时，将会致使电动机不能起动。此时，应检查负载，找出过负载原因，采取适当的措施消除过负载状况。例如风机过载，则应及时检查它的管路，在没加管路系统或管路过于曲折时，均会造成风机过载。

（5）检查轴承是否损坏——轴承热装法　单相电动机起动转矩较小，若轴承太紧会使阻力变大，造成电动机不能起动；轴承太松又将引起转子偏心，加上单相电动机气隙较小，常造成转子与定子相擦而电动机不能起动的故障。请参照第三节“检查轴承的方法”进行。

必须注意的是，有的轴承内因凝结的油滓作用，给检查轴承带来麻烦，以致故障现象不很明显，这时，最好是在运行中先用轴承噪声检查仪探明。如已拆开，则用煤油或汽油清洗之后，再行检查，效果会好些。

一般轴承使用过久或确认轴承损坏时，应将轴承换成新的。

拆卸轴承的办法较多，从转子上取下轴承一般常用两脚或三脚的“拉子”拉下来。从端盖上取下轴承，可自制一根多级圆柱棒。如图2-20所示，将棒插入端盖内，用榔头将轴承冲下，比较方便。

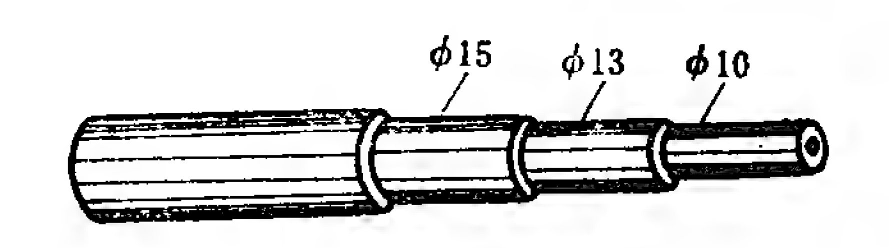


图2-20　用多级圆棒取端盖上轴承

装配新轴承的最好方法，不是敲击，而是加热。备一合适的铁盒，将待装配的新轴承平放在盒内，加5#或10#机油浸没轴承，用电炉或煤气炉加热，使油沸腾5～10分钟。同时，将待装配的转子轴垂直放好，尽量靠近铁盒。关闭炉子，用尖嘴钳将加热后的轴承夹出油面，端端正正地套入转子轴，此时轴承将会轻松地落到轴承应装的位置上去。

初试者往往会因轴承加热时间不足，而套在转子轴上不上不下。这时，不要慌忙，取一金属棒，用榔头轻敲轴承内圈四周，进行补救，直到轴承敲到位为止。如果补救得及时，轴承也是比较容易安装到位的。

（6）检查端盖装配情况　当用手转动电动机转子而感到阻力很大或有死点时，则可能是端盖装配不正的缘故，其结果，也常造成电动机不能起动。这时，应松开螺钉，用木榔头轻敲端盖四周，同时试转动转子轴，检查阻力变化情况，直到转子转动灵活时，再将端盖螺帽对称地拧紧。拧螺钉也是边拧边转动转子，直到螺钉拧紧后、转子仍转动灵活为止。

（7）检查转轴是否弯曲　电容分相电动机的容量较小，轴的直径较小，因而刚性较差，往往会因装配不慎造成转轴变形弯曲，使定子与转子相擦，电动机难于起动。

要确定转轴有没有弯曲，可将转子拆下来放在车床上，缓缓开动车床，如转子有些上下波动，便表示已经有些弯曲，进而找出弯曲处。寻找弯曲处，只须在车床缓缓开动时，用划线针盘或千分表测量即可找到。如果弯曲较大，超过0.2毫米时，则须矫正，弯曲较小则不必矫正。

还可以将电动机转子取出平放在平整的工作台上，用两块高度相等的凹形铁块支架将轴两端架起来，然后用千分表或划针盘来找出弯曲处，如图2-21所示

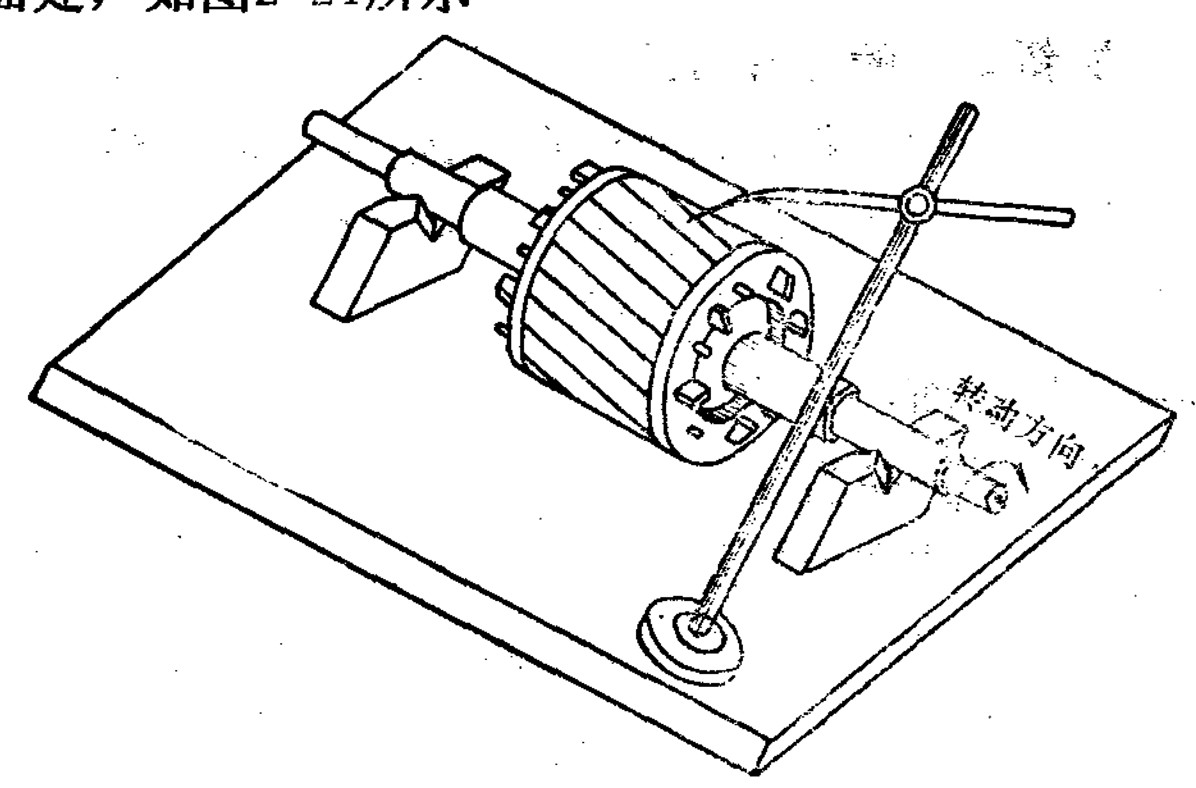


图2-21　用划针检查轴弯曲

矫正弯曲处最好用压力机或用车床。把转子放在车床上，利用三爪卡盘和尾架顶针将两端夹紧，另用一棒或一节长铁套管，衬入弯曲部，棒的一端利用床身作支点。运用杠杆原理慢慢地施加压力，而且只能一点一点地将弯曲处矫正过来，不可希求一次成功。在运用这个方法时，所加的压力一定要小心控制，千万不要乱打硬敲。

（8）转子断条　如果电动机绕组完好，起动装置灵活，电容正常，端盖装配正常时，应该仔细检查转子是否断条，转子断条过多，电动机也无法起动。

1）观察法　抽出电机转子，仔细地观察转子铁心表面，特别是在端环与转子的笼条交接处，如发现有过热变色的迹象，就是转子绕组断路所在。

2）用短路侦探器和电流表来判断　如图2-22所示。当转子绕组正常时，转子各根导体是互相短路的，此时电流表中指示正常的电流值。沿转子表面圆周移动侦探器，使它的开口铁心逐一地跨在每一转子的槽口上，若发现电流突然下降，就说明该处笼条损坏甚至断裂。也可以不用电流表，而用铁皮或钢片（如锯条）靠近两个槽口之间，并将短路侦探器放在该处测试，凡铁皮不被吸住的，就说明该处转子笼条断裂；吸住的，说明笼条完好。每次测试时，应当注意侦探器应与转子铁心相同的接触情况，以利对测试结果进行比较。

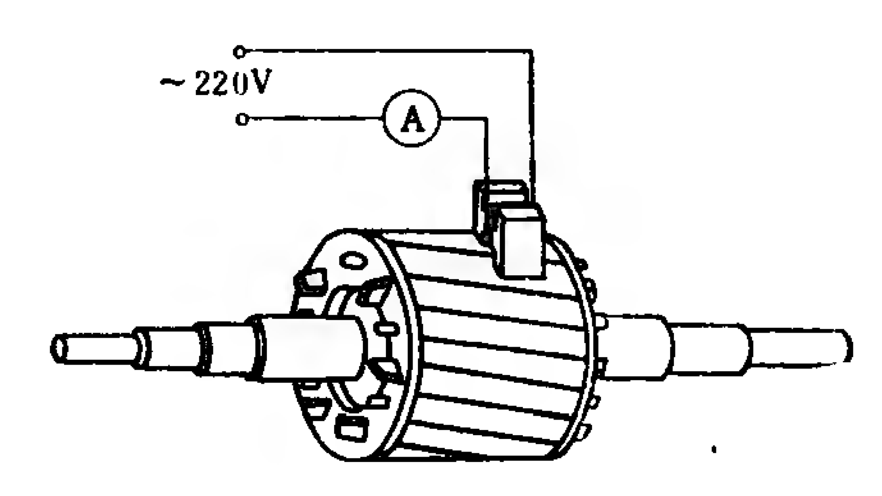


图2-22　转子断条检查法

检查出转子断条后，对于单相电动机，最好是到电机制造厂去协商购回一个同样规格的新转子换上。

2. 电动机转速达不到额定值

电动机转速达不到额定值的原因，有几种可能：过负载；电源电压或频率过低；运转绕组内发生短路或线头接错；转子鼠笼端环和导条断裂；轴弯曲或轴承损坏等。检查与解决的办法如前所述。

此外，还可能由于辅助绕组在起动后未切除，这时电动机电流增大、发热并发出噪声。

判断起动绕组在电动机起动后是否脱离电源的办法是：将辅助绕组的两个引出线端子拆开脱离电源，将一根小绳绕在转轴上，如图2-23所示，用力将绳子猛一抽，电动机立即转动，同时迅速将主绕组接通电源，若电动机运转正常（转速达正常值，噪声也消失），则说明是辅助绕组的故障所引起的。

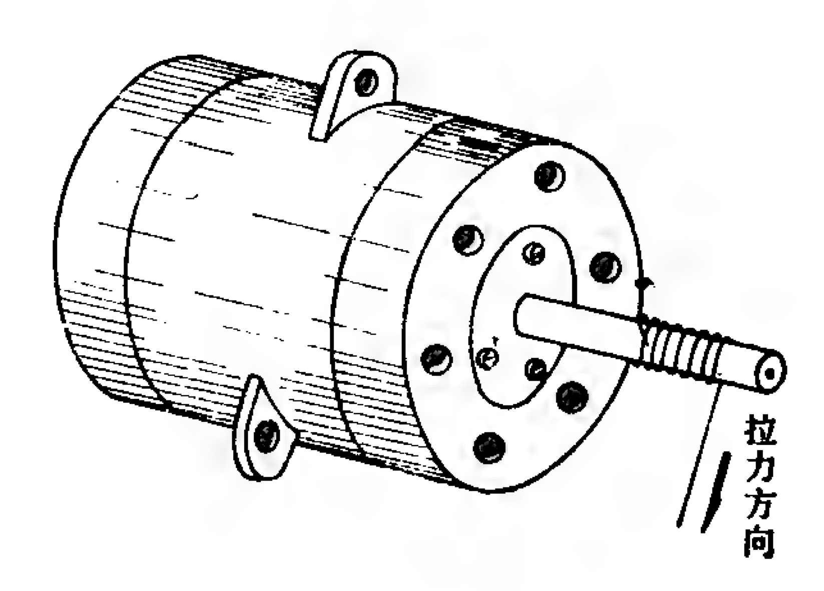


图2-23 用外力起动单相电动机

辅助绕组在起动后不能脱离电源，其原因有：

（1）可能是起动继电器或离心开关的触头熔焊、胶结在一起，或因灰屑阻塞使触头不能断开。触头烧坏应立即更换，灰屑阻塞应清理。

（2）起动继电器弹簧失效。必须重新更换。

（3）转轴的轴向位置调整得不好，将离心开关压得太紧，以致无法断开，应适当调整所加的纸垫圈厚度，使离心开关能在规定的速度时切断起动绕组电源。

3. 电动机在运转时发热

电动机在正常情况下运行时，其内部各种能量的损失发出的

热量，不会使电动机超过允许温升。只有当电动机发生各种故障时，引起各种能量损失增加，使发热量增加。或因通风散热不好，均能使电动机过热，温升超过允许值。

造成电动机过热的故障原因有：

（1）电源电压过高或过低；

（2）绕组短路或接错线头；

（3）过负载运行；

（4）轴承损坏，无论是轴承太紧还是松动；

（5）轴弯曲变形使定子与转子相擦；

（6）电动机装配不良使电动机转动不够灵活；

（7）若电动机散热不好，即使电动机在正常情况下工作，也会引起过热，造成电动机散热不好的原因，不外是环境温度过高、电动机内灰尘太多、通风不畅、进风量减少等；

（8）重换绕组时，由于粗心将线圈匝数绕少了，或者将导线截面积搞错，比原来面积小，前者造成单相电动机空载电流增大，使电动机还未带负载时就可能过热，后者将造成绕组电阻增大，铜损增大，引起电动机过热。

为此，应当经常注意检查单相电动机的工作情况。检查的办法是：先用验电笔检查电动机外壳是否有电，若不带电，可用手背去贴电动机外壳，如无烫得缩手的感觉，说明电动机没有过热。如果电动机烫得令人迅速缩手，则说明该电动机已经过热。这时，应加强对电动机工作情况的监视，仔细倾听运行时有无不正常的噪声，有无焦臭味，必要时应停机检查，待故障消除后再合闸运行。若电动机带电则先处理带电故障。

4．电动机在运转时有噪声

分相电动机在运转时有噪声，大致有以下几个原因：

（1）绕组短路；

（2）极性不符；

（3）转子断条；

（4）轴承损坏；

（5）离心开关损坏；

（6）轴向游动太大；

（7）外界杂物侵入电动机。

前3种原因所造成的结果使电动机发出电磁性噪声。

轴承及离心开关损坏所产生的声音，仔细倾听或用轴承噪声检查仪探测，便能区分出来。

电动机的轴向游动，距离超过0.4毫米，在运转时亦会发生声音。补救的办法是在转轴上适当加几片硬纸垫圈。

外界杂物，如绝缘片、铜线等部分在绕线时不小心带入了线圈或线槽内，而使一部分突出在外面，与转子发生摩擦，引起噪声。拆开电动机，检查绕组及各线槽，发现杂物加以清除。

5．电动机浸水后的绝缘处理

电动机一般性受潮时，可用烘箱或其它热源烘烤若干小时，在室温下，绝缘电阻恢复到20兆欧以上，便可以使用了。

而当电动机被水浸泡过以后，绝缘的处理就不同于一般的受潮电机了。

被水淹没过的电动机，有大量的水浸入机体内部，填满定子槽内及线圈端部的空隙。由于水分子的直径和粘度都很小，能渗入各种绝缘材料的裂纹和微孔，绝缘材料内由于吸入了大量水分，绝缘性能遭到严重损坏。如浸水12小时以上的A、E级绝缘的电动机，用500伏兆欧表测量时，对地电阻为零；而用万用表测量时，一般为4.6千欧左右（常温下），所以在修理中，要有一个排水的过程，并且应根据浸水时间的长短和电动机的绝缘等级，采用多级升温干燥法处理比较好。具体工艺过程如图2-24所示。

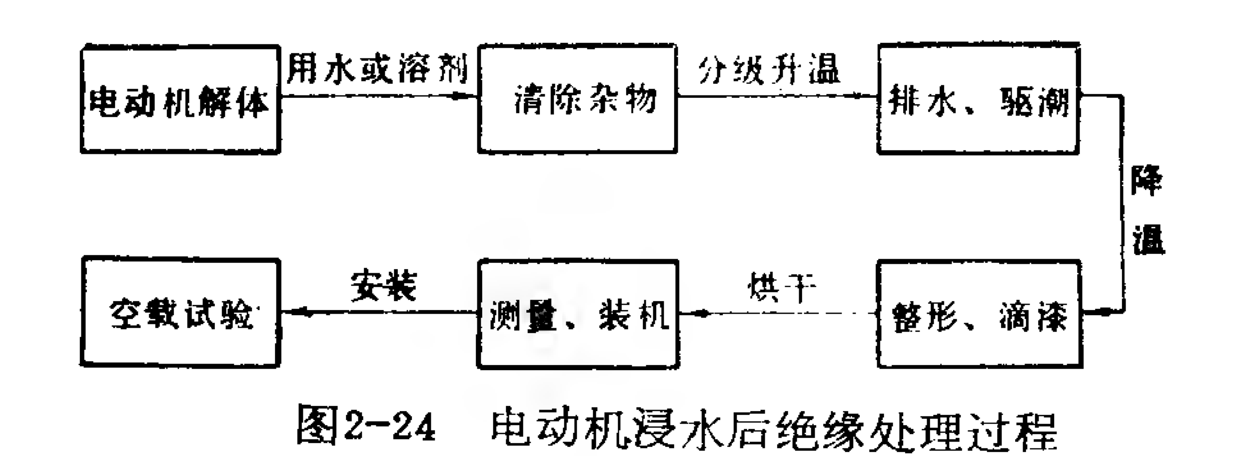


图2-24 电动机浸水后绝缘处理过程

（1）清除杂物 将电动机解体后，立即用清水冲洗定子绕组，清除脏物，并用溶剂擦除油污，然后用布将绕组表面擦试干净。

（2）排水与驱潮

1）排水 冲洗干净后的电动机定子最好竖放，便于绕组空隙与绝缘材料裂纹及微孔中的水分随重力自然集聚下滴；同时用低温预热，让少量存水蒸发。排水温度：A级绝缘的电动机控制在50～65℃；E、B级绝缘的电动机控制在70℃。排水时间：浸泡在水中24小时左右的各种电动机，排水时间为8～30小时。图2-25为A、E、B三种绝缘等级电动机排水过程中的绝缘电阻R与时间t的关系。图中A、A′及A″点分别为这三种绝缘等级电动机排水过程完毕的时刻。常见的单相电动机为E级绝缘，由曲线2可知，排水时间为16小时。

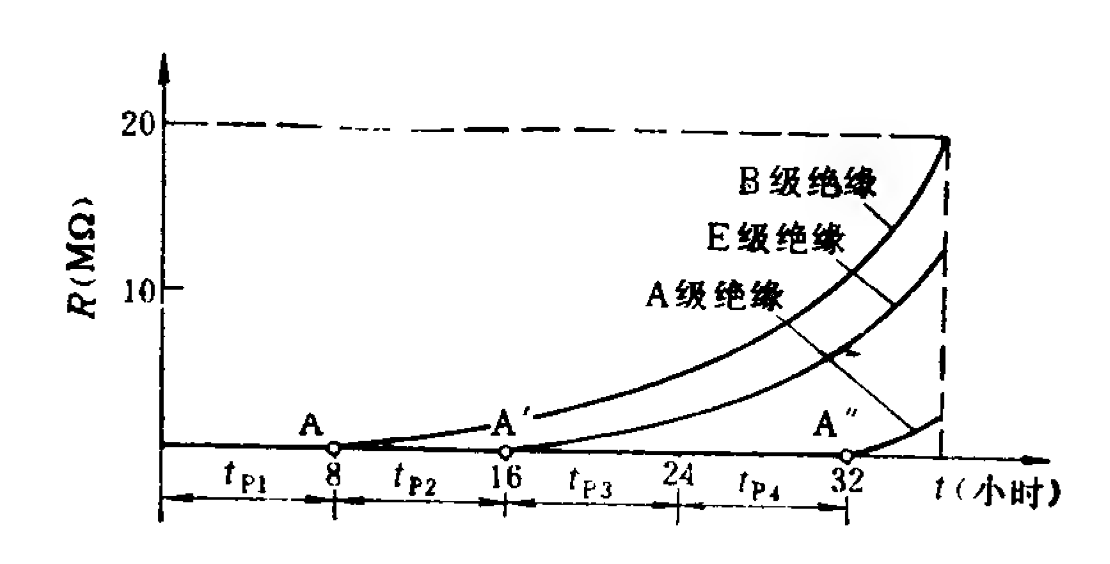


图2-25 绝缘电阻与排水时间关系曲线

排水阶段绝缘电阻的测量。排水过程刚开始时，因水分多，绝缘电阻极低，只有用万用表来测量才能反映电阻值的变化；在达到或接近A、A′、A″点时，可用500伏摇表测量，这时其阻值将达到0.1兆欧以上。为此，我们把这时的阻值能否达到0.1兆欧以上作为浸水后的电动机能否恢复绝缘性能的依据。把电阻小于0.1兆欧的整个过程称为排水过程。

还必须注意：电动机浸水时间越长，功率越大，绝缘等级越低的，则排水所需时间越长。

2）驱潮　排水完毕后，与一般电机一样，进入驱潮过程。但所不同之处是需采用多级升温法，即加热温度逐级上升，一般小功率单相电动机每8小时可升10℃。A级可升至90℃，E级可升至100℃，B级可升到110℃。随着烘焙温度的逐级上升，驱赶潮气，绝缘电阻会逐渐上升，得以恢复。而驱潮阶段所需的时间，各种电动机接近。

图2-26所示，E级绝缘电动机的绝缘电阻恢复曲线，图中t_{P1}、t_{P2}为其排水时间，t_{Q1}、t_{Q2}……为驱潮时间。在驱潮中，B点的绝缘电阻为1.7兆欧，C点的绝缘电阻为4兆欧……。到达F点时，绝缘电阻已达70兆欧，此时已能满足电动机绝缘性能的要求了。

3）采用多级升温　在排水与驱潮中，特别要注意烘焙温度不宜过高，否则会引起因水份排出过快而扩大了绝缘材料的裂纹和微孔，降低绝缘材料固有的绝缘强度和机械强度。为此，在处理中用多级升温较为合适，参考图2-26下半部温度与时间的关系曲线。并且升温的最高温度应低于电动机允许温度的15～20℃。

图2-27所示为多级升温下三种电动机绝缘电阻的恢复曲线。

（3）整形与浸漆　在干燥结束时，应趁热对电动机绕组的局部进行整形或绑扎，恢复绕组原有的几何尺寸，以便于装配。

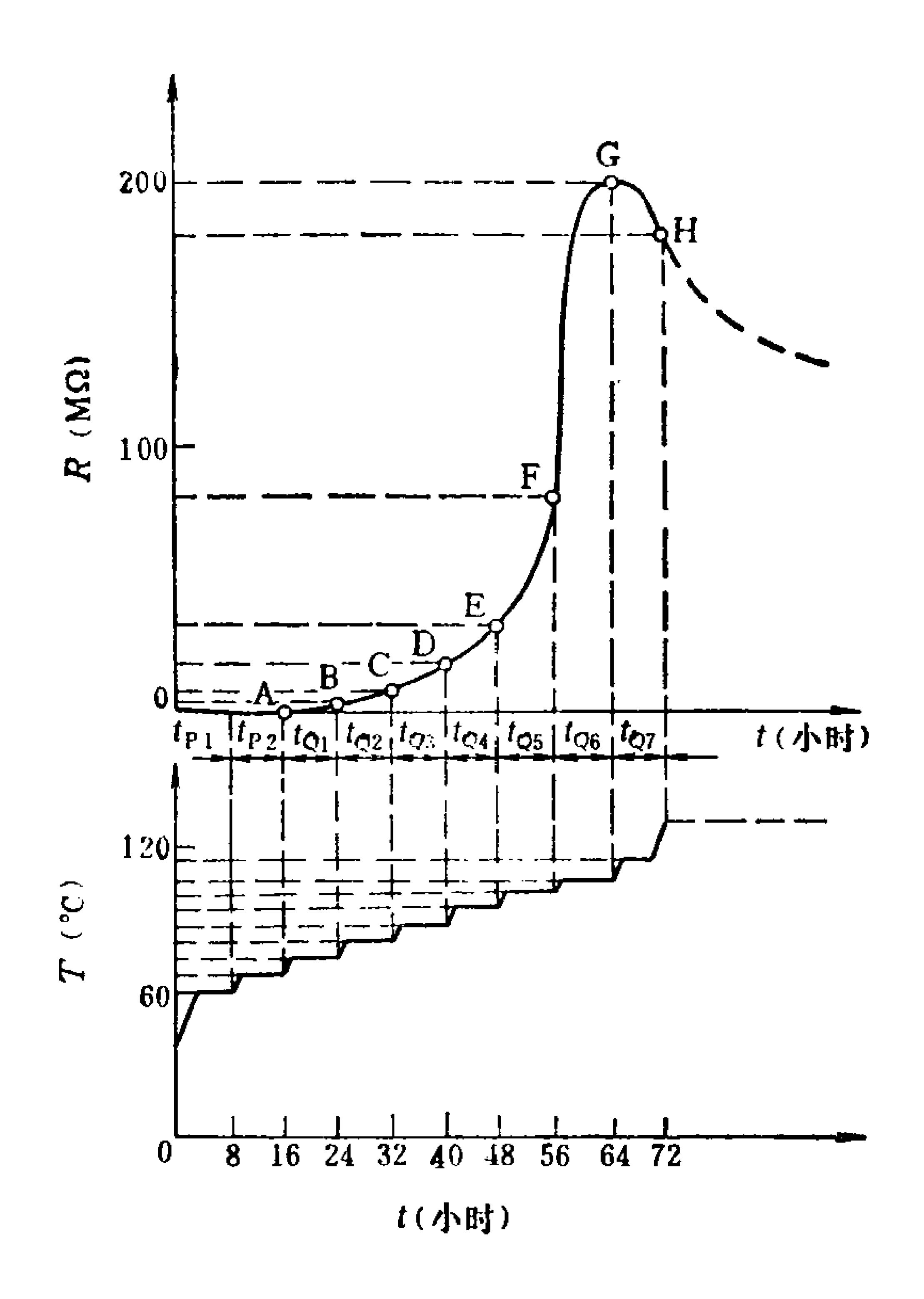


图2-26　E级电动机绝缘电阻恢复曲线

为了保持和增强干燥后电动机的电气绝缘强度，提高防潮性能，必须浸漆或滴漆。用以填补和密封干燥后绕组中的空隙、绝缘材料中水份蒸发后的裂纹和微孔。浸漆后还必须再干燥4～6小时。

（4）测量与试验　在绝缘处理完毕后，要进行严格的测试，主要是绝缘电阻的复查，如有条件可进行耐压试验。然后，装机进行空载试验及负载试验等。

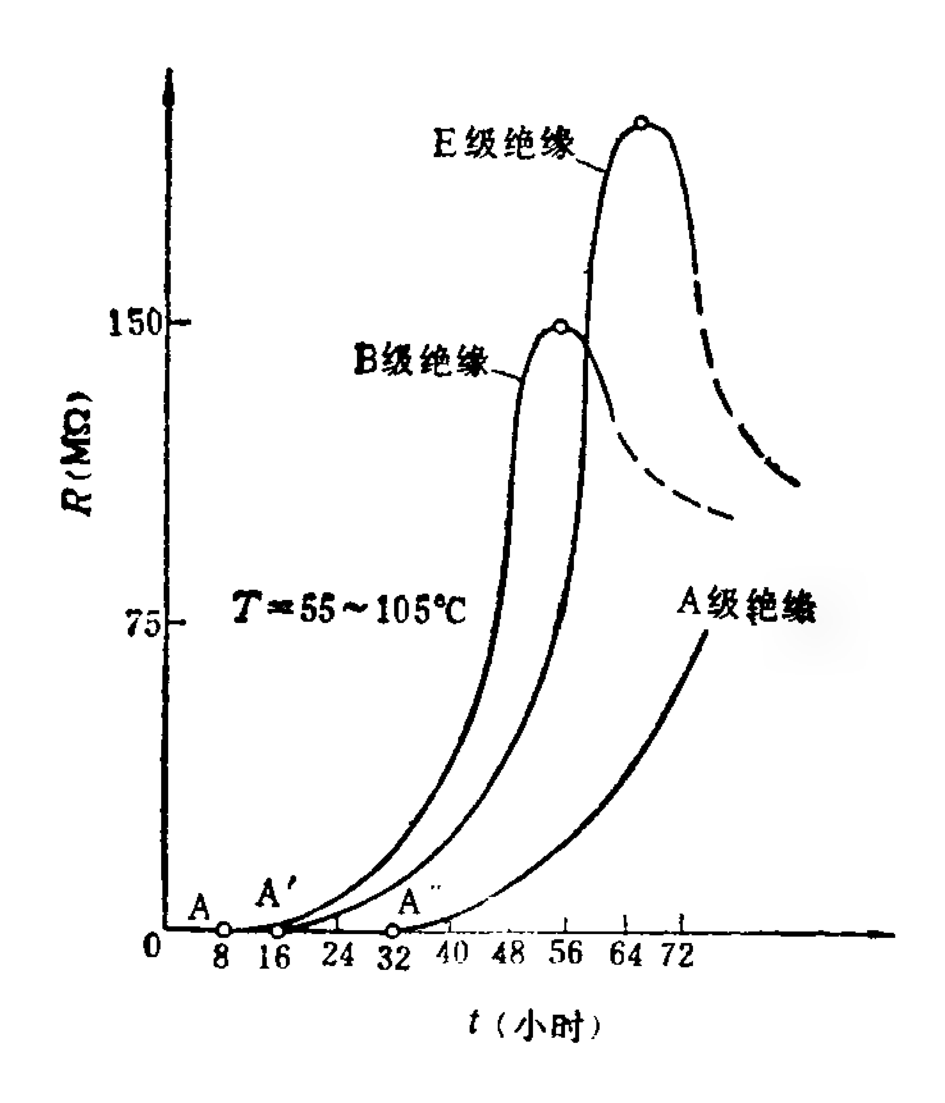


图2-27　分级升温下三种电动机绝缘电阻恢复曲线

五、冰箱电动机

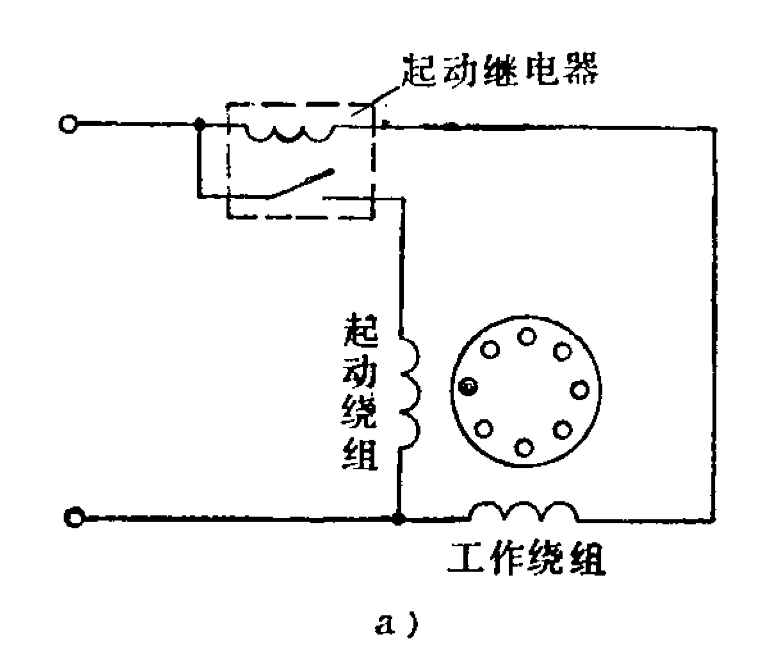
1．冰箱电动机的类型和结构

电冰箱的心脏是压缩机，电动机与压缩机同轴，一起装在密闭壳内，对制冷蒸汽作压缩功。压缩机电动机采用较多的是电阻分相起动型(RSIR)，如图2-28a所示；和电容起动型(CSIR)如图2-28b所示，现都采用 2 极电动机。早期冰箱也有的采用 4 极电动机。

这种电动机因封闭在压缩机壳体内，本身没有机壳和端盖，所以结构较简单。但由于使用环境恶劣，其结构不同于一般电动机。

（1）转子　它与一般鼠笼型异步电动机的铸铝转子相似，

不同之处只在靠近机架的一端有散热叶片。



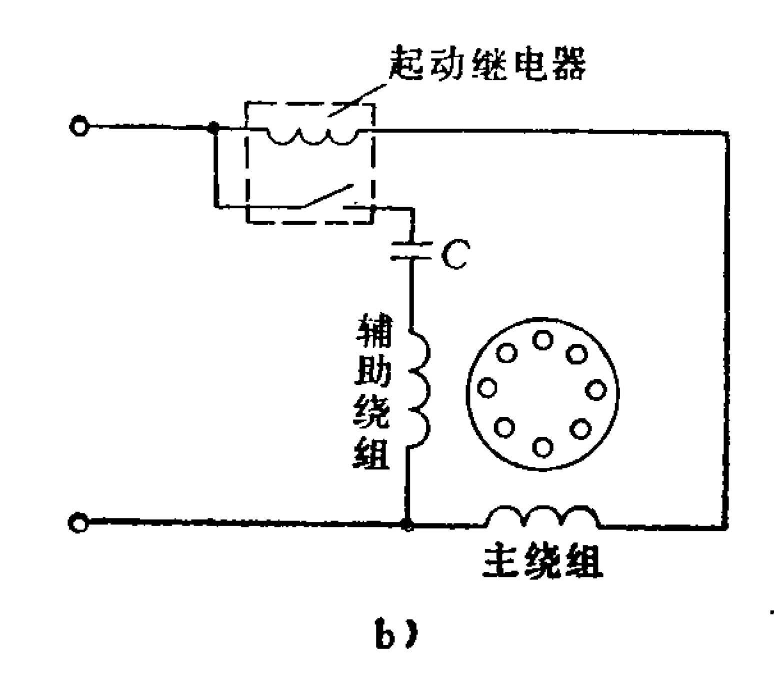


图2-28　压缩机电动机起动类型
a）电阻分相起动型　b）电容分相起动型

（2）定子　定子铁心按定子冲片形状可分长方形（接近正方形）、正方形和圆形3种。2极电动机的定子槽数均为24槽。正方形或圆形定子冲片上的槽形尺寸都是一样的，而长方形冲片的定子槽尺寸是不一致的，分大槽、中槽和小槽3种，如图2-29所示。

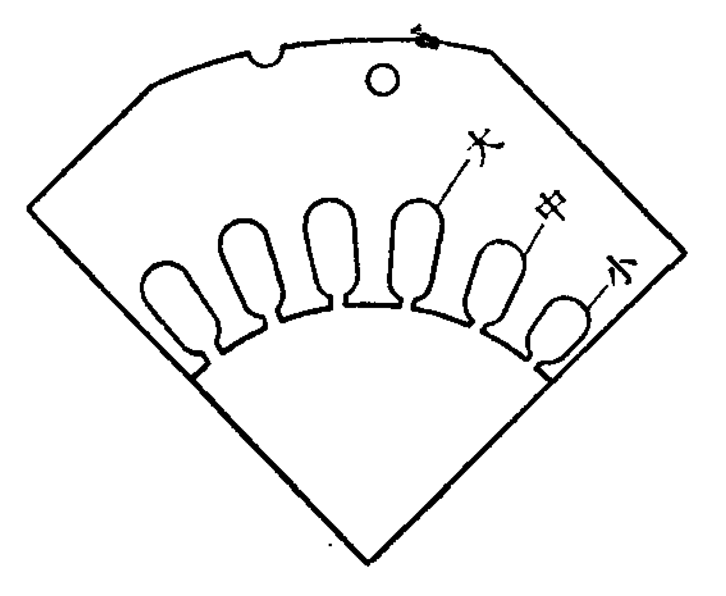


图2-29　压缩机电动机定子冲片形状

长方形定子冲片具有省料、利于压缩机内部安装等优点。当今日本东芝、三洋、苏联别留沙、丹麦丹福斯、我国沈阳、天津医疗器械厂等均采用这种冲片。

定子绕组的形式与一般单相异步电动机相同。

（3）电动机在压缩机中的位置　电冰箱电动机按其规格大小不同，采用的压缩机型式也不同，较大的冰箱采用曲柄连杆式压缩式，较小的冰箱采用曲柄滑管式压缩机，而更小的冰箱也有用电磁振荡式压缩机的。单相电动机在压缩机中的位置如图2-30

所示。一般电动机引线通壳壁插头引出。

2. 冰箱电动机的电气特性

（1）耐制冷剂和耐油性　压缩机电动机中的绝缘材料、电磁线及绑扎线等，长期经受高温的制冷剂R-12与润滑油的浸泡，很容易膨胀、脱落或软化，导致绝缘性能破坏。因此电动机的绝缘材料、绑扎线等应用聚酯材料。槽楔可用厚聚酯绝缘纸或红钢白纸（钢纸板）。电磁线可用QF耐氟里昂和QZ高强度聚酯漆包线。

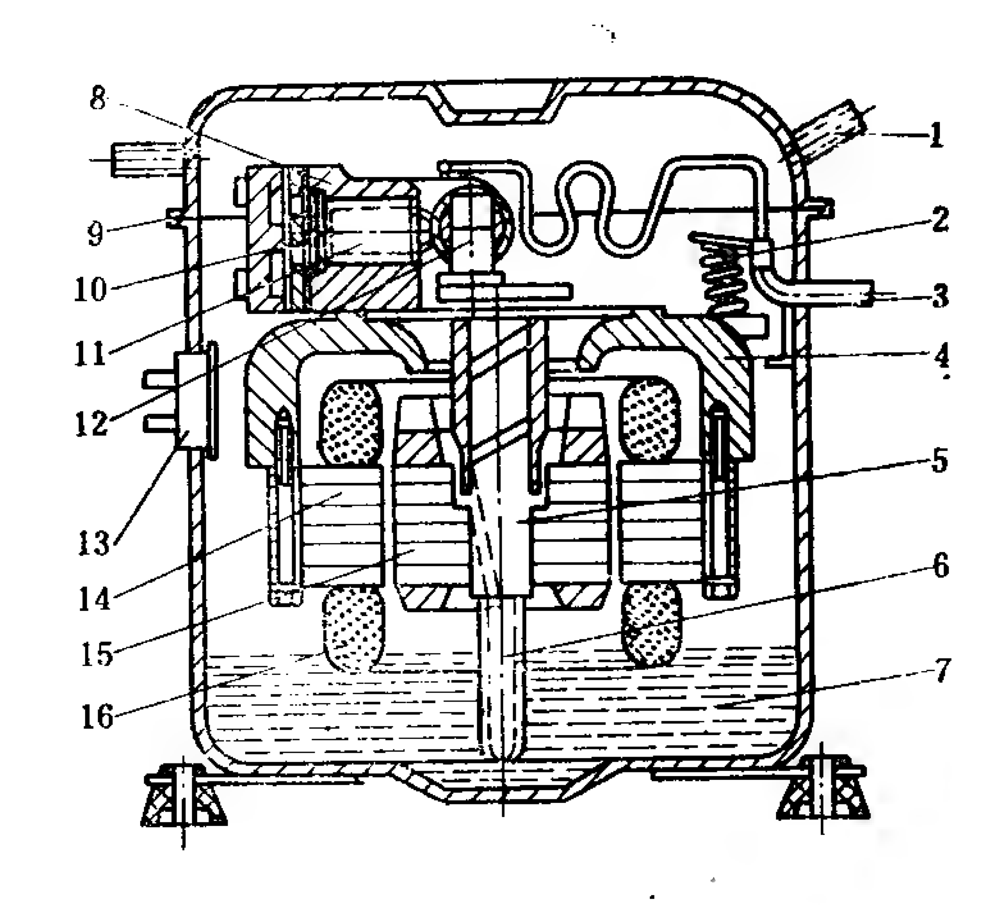


图2-30　单相电动机在压缩机壳中的位置
1—进气管　2—吊簧　3—排气管　4—机架　5—曲轴　6—吸油管　7—润滑油　8—汽缸　9—密封壳　10—阀　11—活塞　12—滑块　13—壳壁引出线插头　14—定子铁心　15—转子铁心　16—定子绕组

（2）耐热性　由于电动机和压缩机封闭在同一机壳内，它们主要依靠制冷剂的蒸汽来吸热，所以散热条件较差，为了提高电动机的可靠性，常采用提高电动机绝缘等级的方法。例如一般电冰箱设计中多数为E级绝缘，极限温度为120℃；亦可采用B级绝缘，耐热130℃；F级绝缘，耐热155℃。

（3）耐振动和冲击性　压缩机电动机常因受到起动电流所产生的电磁力作用与起动停止时的机械冲击而造成绝缘破坏；还因制冷剂液体的冲击和急剧蒸发时的热冲击，也易使绝缘产生龟裂。因此，应将电动机线圈固定牢，两端部绕组绑扎好。此外，

槽满率不能太低。

为了避免压缩机在运转中因漆皮脱落而造成管路系统堵塞，或影响排气阀片的密封性能，要求电动机铁心上不得粘漆，但铁心两端的线圈则必须进行浸漆处理。修理时更应注意。

（4）起动性能　要求冰箱电动机起动转矩为额定转矩的2～2.5倍。热态时能在电压180伏、冷态时能在电压240伏都能顺利起动和正常运行。

常用电冰箱电动机的转矩和起动电流如表2-2所列。

表2-2　冰箱电动机的转矩和起动电流

功率（瓦）	最大转矩（公斤力·厘米）	起动转矩（公斤力·厘米）	起动电流(安)
60～65	5.5～6.5	4～6	7～7.5
90～100	8～9	5～8	9～10
120～130	10～12	6～10	10～12
180～200	16～18	10～16	12～15

（5）高功率因素和高效率　压缩机电动机在设计时已经考虑到尽可能提高功率因素，其效率不低于58%。

3．冰箱电动机的控制电路

在冰箱电动机的控制系统中，有起动继电器、保护继电器、温度控制器等。典型电路如图2-31所示。

电路中的温度控制器接点、保护继电器接点都与压缩机的电动机工作绕组串联，而起动继电器的接点则与起动绕组串联。当电动机起动时，因电流较大，起动接点被吸引接通，起动绕组中通过电流；当电动机进入正常运转后，电动机电流和起动继电器的吸引线圈中电流减小，起动接点断开，起动绕组便无电流通过。

采用密封式压缩机的电动机起动继电器，装置在压缩机组

外，压缩机电动机的起动和保护装置可分两种：

（1）整体式起动保护继电器　其结构如图2-32所示。这种起动继电器在早期电冰箱上使用较普遍，而近几年已很少使用了，原因是结构复杂，制造与维修都较麻烦，加之只能保护电动机的过负荷而不能保护过温升（即过热）。

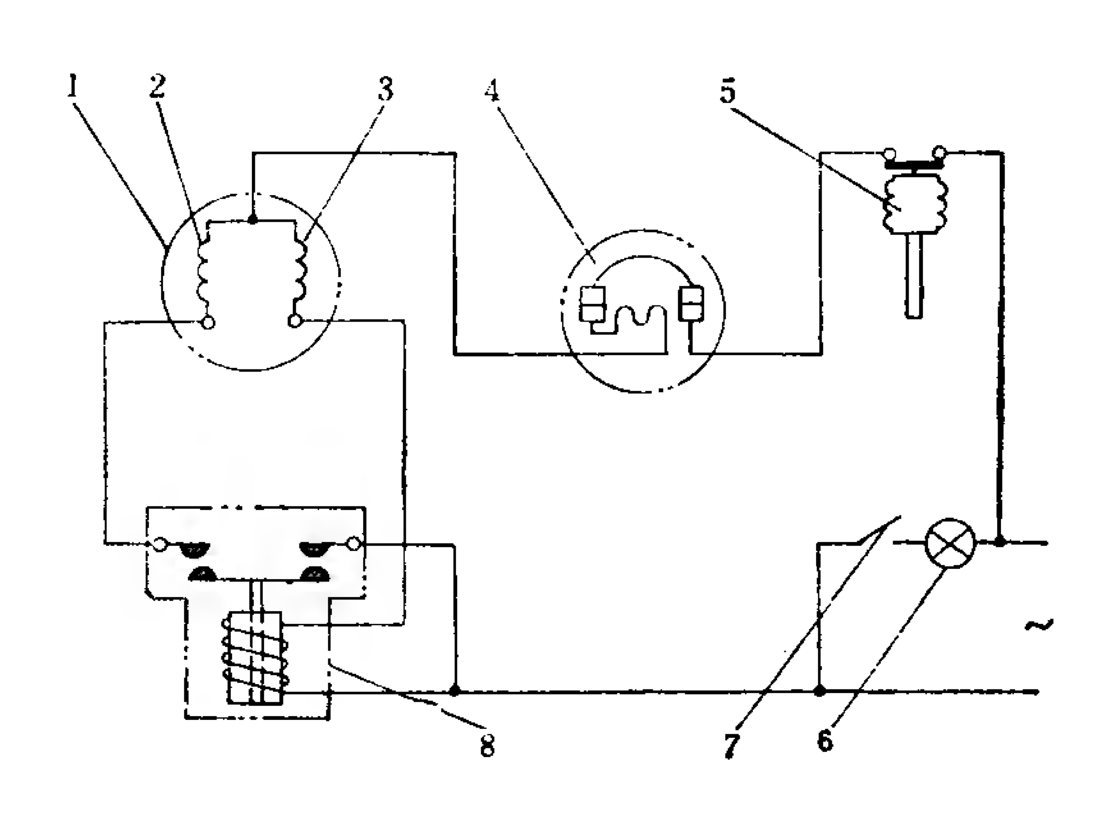


图2-31　冰箱电动机的控制电路
1—压缩机电动机　2—起动绕组　3—工作绕组　4—保护继电器　5—温度控制器　6—照明灯　7—门灯开关　8—起动继电器

（2）组合式起动保护继电器　这种起动继电器由碟形热保护继电器和重锤式起动继电器（或PTC起动元件）两部分组成。

1）碟形热保护继电器部分　它能起过负荷、过热保护作用。为了起到热保护作用，保护继电器安装时需将前端面紧贴在压缩机表面。其结构如图2-33右上角所示部分。

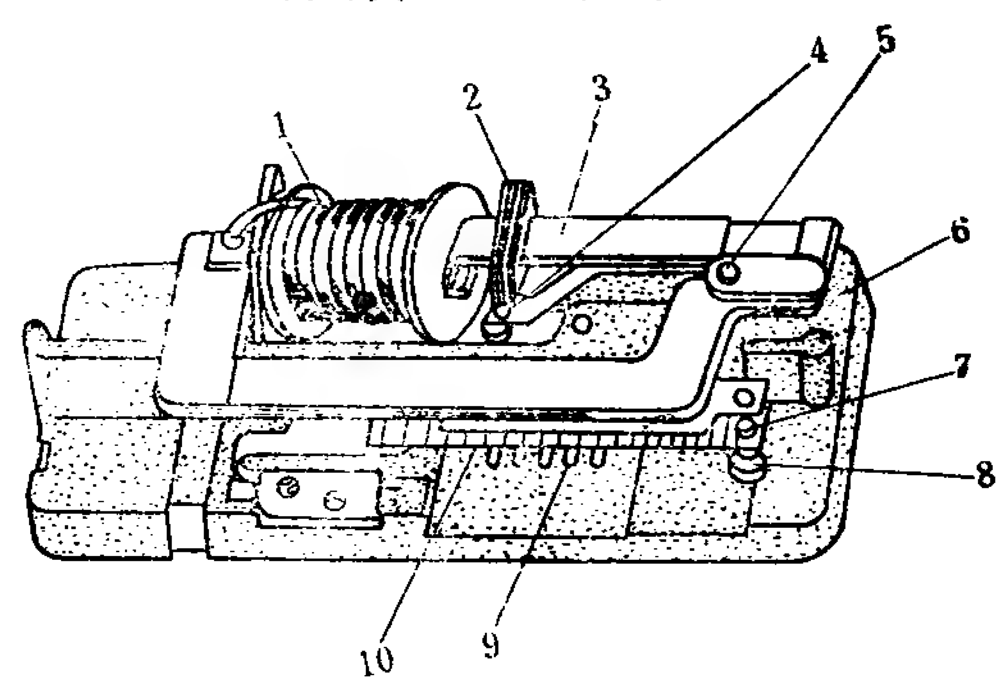


图2-32　整体式保护继电器
1—电流线圈　2—衔铁　3—弹簧片　4—起动触头　5—调节螺丝　6—胶木板　7—热保护触头　8—永久磁铁　9—热阻丝　10—双金属片

2）起动继电器部分

① 重锤式起动继电器 图2-33是完整的组合式起动、保护继电器。去掉右上角碟形热保护继电器，下部为重锤式起动继电器部分。安装和使用时一定要直立。国产压缩机电动机使用较多的是JQR-1型过负载过热保护起动继电器。

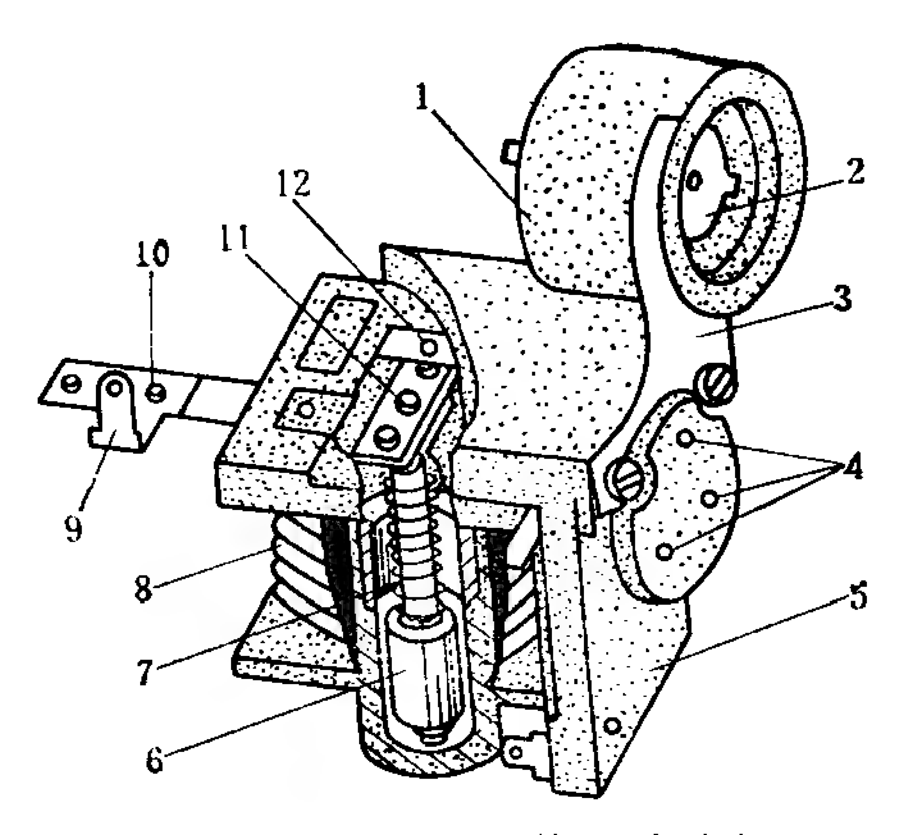


图2-33 组合式热保护起动继电器
1—保护开关 2—碟形双金属片 3—金属片架 4—插座孔 5—胶木壳 6—衔铁 7—复位弹簧 8—励磁线圈 9—起动绕组接头 10、12—静触头 11—动触头

② PTC起动元件 由于PTC元件体积小，无电弧等优点，在冰箱上应用广泛，效果好。图2-34中所示为用一只PTC元件作起动装置的电冰箱接线图。

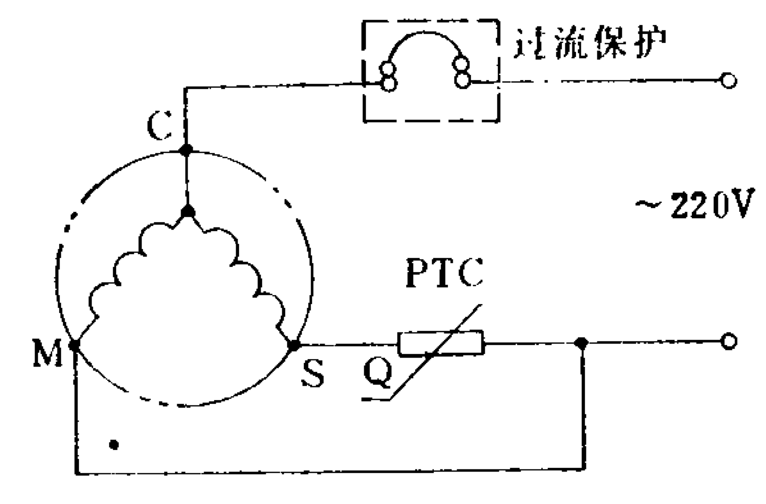


图2-34 用PTC起动的65瓦压缩机电机接线图

通电前，PTC的温度低于居里点，处于“通”状态，阻值为22欧。接通电源的瞬间，电源电压基本上全部加在起动绕组上，瞬间通过PTC元件的起动电流约3.9安，使元件自身发热，温度急剧升至居里点以上，进入高阻状态。此时，大部分起动电压反过来加在PTC元件上。当压缩机电机已顺利起动后，PTC元件实际上已处于“断”状态，电流下降到30毫安左右，起动时间仅为1～2秒

钟。

冰箱用PTC无触点起动器的主要技术参数为：

电阻值(25℃)：20～40欧（此值在设计时与电动机的起动转矩、过流保护等配合）。

最大起动电流：8安

额定电压：AC 270伏

击穿电压：≥ AC 400伏

稳态功耗：＜4瓦

动稳时间：01～1秒

恢复时间：＜3分钟

其温度与电阻值关系如表2-3所列。

表2-3 冰箱用PTC无触点起动其温度与电阻值关系

温度	20℃	90℃	100℃	110℃	125℃	130℃	140℃	150℃	160℃	170℃
电阻	22欧	18.5欧	20欧	22欧	37欧	500欧	3千欧	20千欧	100千欧	600千欧

4. 冰箱电动机的常见故障及其维修

（1）压缩机电动机的几种正常噪声现象与温度情况

1）咕噜咕噜声　当冰箱压缩机刚停止运转时，能听到蒸发器中有“咕噜咕噜”的声音。这种声音是制冷剂在蒸发器管路中流动时发出的正常响声。因为制冷剂在压缩机停止工作后仍会流动一些时间。

2）“嚓”或“喀嚓”声　会经常听到冰箱发出“嚓”或“喀嚓”的声音。这是压缩机电动机在起动过程中，重锤式起动继电器的衔铁被吸合或释放跌落时所发出的正常响声。压缩机电动机在正常工作时，会发出轻微而均匀的运转声，白天人们一般不留意，夜深人静时能明显地感觉到。

3）“滴答滴答”或“加答加答”声　对于带有自动化霜装置的冰箱，其定时化霜继电器等装置大多装在冰箱背后上部，并发出轻微的“加答加答”、“滴答滴答”之类的转动声，这种声音也是完全正常的。

4）压缩机外壳烫手　压缩机内电动机在正常工作时，定子铁心和运行绕组的温度达100℃～110℃；压缩机构的活塞和汽缸体因对制冷剂的压缩产生压缩热，温度也可达100℃以上。这些热量大多通过压缩机外壳向空气中散发，所以压缩机外壳温度一般可达85～90℃，是很烫手的。

（2）冰箱电动机运行中的几种常见故障及其维修

1）通电后压缩机电动机不起动、不运转，可能出现的故障：

① 电源电压偏高或偏低　用万用表测量电源电压，如电压波动超过±20%时，则应使用稳压电源，如果勉强继续使用，有可能烧毁电动机绕组。

② 插头接触不良　电源必须用专用插头、插座，不要将几个电器通过多用联接器公用一个插座。用测电笔检查插座有电时，则应继续检查插头内接线是否完好，接触不良时应予修复。

③ 无意按下了化霜按钮　如苏联别留沙电冰箱，在使用中化霜按钮较易被无意按下，这样只有在化霜完毕后才会自动起动工作，有的冰箱要停长达24小时以上才会恢复工作。

④ 温度控制器旋钮置于“停点”　这种情况往往出现在新冰箱第一次使用时。只需将温度控制器旋钮旋离“停点”，压缩机电动机就能起动工作。

⑤ 熔丝熔断　检查并更换熔丝。单门电冰箱150立升（双门电冰箱130立升）以下应选用额定电流为1.5安的熔丝，稍大于以上规格的应选用额定电流为2安的熔丝。如果规格过小则容易断。若熔丝规格选用合理，仍重复熔断现象，切不可盲目更换熔

丝，此时应视为有其它较为严重的故障，应继续检查。

⑥ 起动继电器或过载热保护继电器断路 处理办法，拆开修理或更换一只新的继电器。

⑦ 温度控制器的感温腔或感温管漏气 处理办法，更换新的温度控制器或补焊（补漏）后，再充气。

⑧ 电动机起动电容器短路或断路 拆下电容器，用螺丝刀金属杆将两接点短路放电，然后用万用表10k挡测两端的电阻值。再交换表笔，测得的阻值大小相差两倍左右，则表明电容器的性能良好；若其电阻值等于零，则说明电容器短路；若阻值无穷大，则为断路。检查为短路或断路时均应更换起动电容器。

⑨ 压缩机抱轴卡死 此现象大多系润滑系统管路或供油中断所致。这种情况在电动机未烧毁前大多伴以过载保护热继电器的频繁动作。这时应打开压缩机密封壳修复或更换压缩机。

⑩ 压缩机电动机绕组烧毁 烧毁原因很多，如频繁起动而不能起动者，则可能是起动绕组烧毁；若润滑系统因油路堵塞或供油中断导致压缩机抱轴卡死，则会烧毁电动机运转绕组或全部绕组。

处理办法：打开压缩机密封壳，修复电动机绕组或更换压缩机。

2）电动机运转时有较大噪声。

① 管道与箱体之间有碰击 由压缩机出来的高压管与箱体之间或是高压管与冷凝器管道之间有摩擦碰击；毛细管与蒸发器之间或仓门与其它管道摩擦碰击均会产生噪声。

处理办法：找出声音的传出部位，将相互摩擦碰击的管道移开一些，噪声即消失。

② 外接水盘因振动而发出的噪声 移动接水盘位置或垫上泡沫塑料使之不产生噪声。

③ 压缩机的固定螺钉松动 将松动的螺钉慢慢地拧紧，直至不发出噪声为止。

④ 因机壳内避震弹簧脱钩或折断、滑块和曲柄轴、滑块和导管、活塞和汽缸因磨损较大而配合松动、活塞击到阀片等都会产生噪声。

处理办法：打开压缩机壳修理，或者更换压缩机。

3）压缩机在箱温已很低时仍不能自动停车。

① 温度控制器旋钮所置位置不当或误置“不停或急冷”位置。

处理办法：只要将旋钮向反时针方向（即向热的方向）调节即可。

② 温度控制器感温管的尾部脱离蒸发器的夹持部位。此时感温管不能直接感受到蒸发器的低温，因此温度控制器一直处于接通位置，压缩机就不停车。

处理办法：只要将温度控制器的感温管尾部仍然夹持到蒸发器上的固定位置即可。

③ 温度控制器的触头粘连。

处理办法：可切断电源，将温度控制器按钮从“停”到“最冷”位置反复旋转，通电后恢复正常，则说明已排除了故障。在用此法尚不能解决时，应拆修或更换一个新的温度控制器。

4）压缩机起动运转不久，过载保护器便“跳开”

① 电源电压过高。电压超过240伏，起动时起动继电器不能释放，需待电压恢复正常。

处理办法：若当地电压长期过高，则应装稳压电源。

② 压缩机附近温度太高。应采取措施改善散热条件。

③ 起动继电器触头粘连。可打开继电器，用细砂纸将触头修磨平滑，损坏严重者，应予以更换。

④ 过载保护继电器不良，动作过早。应拆下继电器检修或更换。

⑤ 压缩机内部有机械故障。打开压缩机检修或更换压缩机。

⑥ 电动机内部绕组有短路。打开压缩机重绕电动机绕组或更换压缩机。

5）漏电　冰箱漏电有3种可能：第1种属于压缩机电动机绕组漏电，其箱体带电电压一般为供电电压220伏；第2种为温度控制器绝缘降低或绝缘损坏，用万用表可测得箱体带电电压达50伏以上，或等于供电电压；第3种是电气系统绝缘性能良好，仅因分布电容等原因而有麻手感觉。

处理办法：一是拆开压缩机外壳，修理绝缘损坏的电动机绕组或更换压缩机；二是更换温度控制器（安装时注意不要让化霜水沿感温管流入温度控制器）；三是将有“麻手”感的冰箱箱体妥善接地，以消除分布电容的影响。

6）不可忽视的冰堵现象　当带有超过标准水分的制冷剂在毛细管出口处，即由于压力下降制冷剂沸腾（即蒸发）而使温度降低时，水分即变成冰聚集在毛细管出口处，发生冰堵现象。直至箱温升高才会熔化。当水份在毛细管出口处重新聚集时又会出现第二次“冰堵”，如此往复，致使冰箱无法正常工作。

“冰堵”对冰箱电动机来说是一个非常危险的信号。在高温高压下，水份与制冷剂会生成盐酸，一方面腐蚀机械零件和蒸发器，另一方面破坏电动机的绕组绝缘，造成短路或烧毁，并使润滑油乳化，降低润滑性能。

处理办法：可用热毛巾敷裹蒸发器的毛细管出口处。但用这种办法使之熔化后，仅可作短期使用。最根本的办法是，对制冷系统重新进行干燥，抽真空，再充以制冷剂。

第三章 电容电动机

一、电容电动机概述

在结构上，电容电动机与分相电动机大致相同，而电容电动机与分相电动机的区别，仅在于电动机在运转时，辅助绕组中始终串有电容器。由此，电容电动机又分为两种：电容运转电动机及电容起动运转电动机。

1. 电容运转电动机

电容运转电动机定子具有主绕组和辅助绕组，它们的轴线在空间相差90°电角度。辅助绕组串接一个工作电容器C后，与主绕组并接于电源，且辅助绕组与主绕组同时参与运行。但工作电容器C的容量较起动电容器小得多。

这种电动机起动转矩较低，图3-1所示为起动特性曲线，但有较高的功率因数和效率，体积小重量轻，一般适用于洗衣机、风扇及通风机等各种空载和轻载起动的机械。

2. 双值电容电动机

双值电容电动机定子绕组与电容运转电动机相同，所不同的是，辅助绕组与两个并联的电容器串联。当电动机转速达到75～80%同步转速时，通过起动开关将起动电容器C_2断开，保持辅助绕组和工作电容器C_1继续参与运行，且C_2大于C_1。

这种电动机具有较高的起动性能、过载能力、功率因数和效率，其机械特性曲线如图3-2所示。适用于电影放映机、家用电器及小型机床。

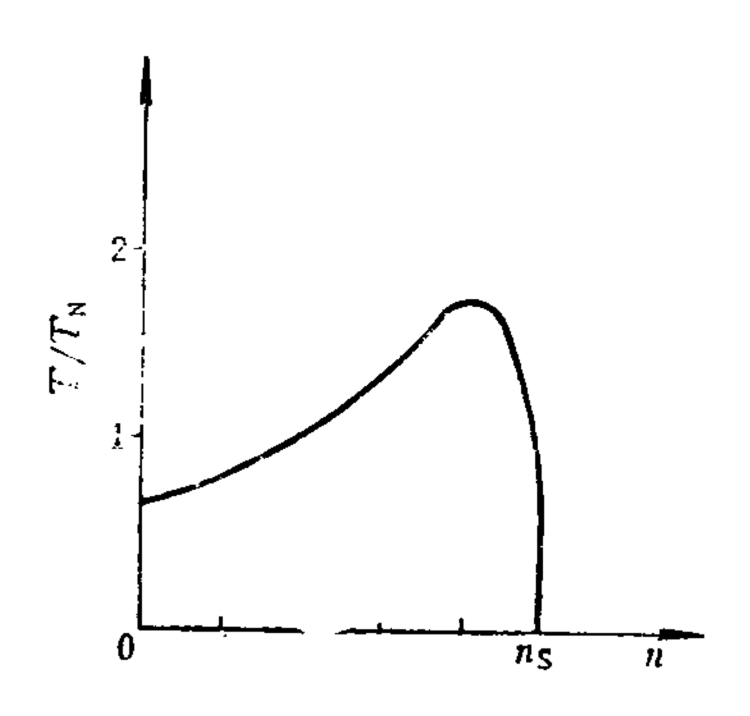


图3-1　电容运转电动机起动特性曲线

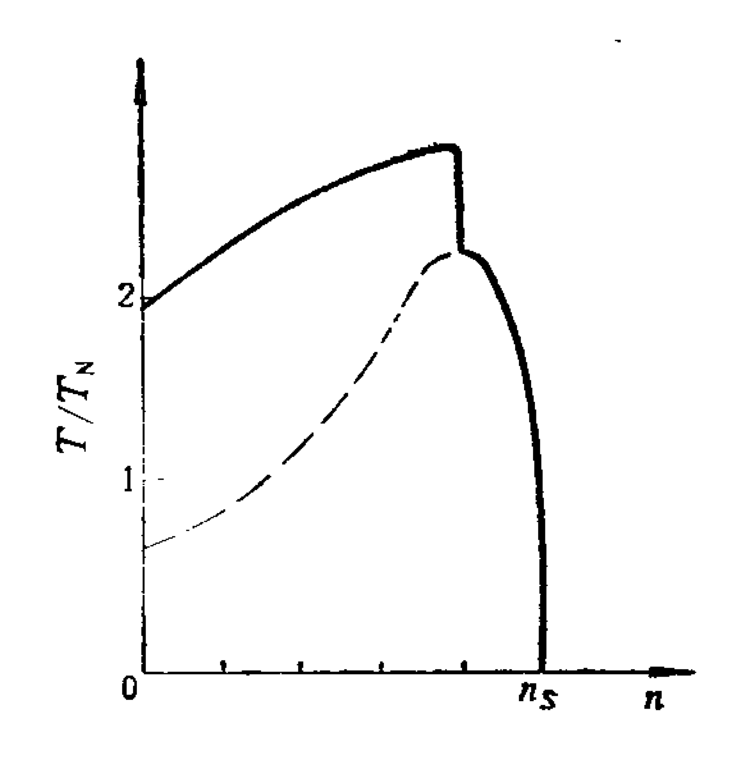


图3-2　双值电容电动机机械特性曲线

二、洗衣机电动机

1. 洗衣机电动机的类型和结构

洗衣机按自动化程度的不同，可分为简易型、普通型、半自动型和全自动型等。一般波轮式简易型洗衣机只有一台洗涤电动机；普通型（双缸）与半自动型则有洗涤与脱水两台电动机；全自动型洗涤与脱水合用一台电动机。电动机功率一般为90瓦、120瓦、180瓦、250瓦等。

对于滚筒式洗衣机来说，家用的和中型洗衣机一般采用一台双速电动机，较先进的洗衣机则用一台直流电动机以实现无级变速，大型洗衣机的洗涤与脱水分别用两台电动机。

一般洗衣机的洗涤与脱水两台电动机的结构基本相同，为铝壳密封式。

洗涤电动机的结构以及在洗涤桶下的实际位置如图3-3所示。

2. 洗衣机电动机的电气特性及其控制系统

洗衣机洗涤与脱水电动机均为电容运转电动机。这种电动机

运行和起动性能均好，过载能力强，能满足洗衣机满载频繁起动的工作特点，一般为1500转/分。

洗涤电动机因工作要求需正反运转。为此，设计时将主、辅绕组的匝数、线径、节距等设计成完全一样，而正反起动运转靠定时器来控制。

洗涤电动机的正反转，主要决定于起动电容串接于辅助绕组还是串接于主绕组。

图 3-4 是单缸洗衣机的电动机接线图。定时器中的开关S接于A点时，电容器则串于电动机的辅绕组电路中，由于电容的作用，辅绕组中通过的电流在时间相位上超前于主绕组电流 90°电角度（电容选择合适时），主辅绕组中流过两相电流，形成一个旋转磁场，电机起动运行，假设为正转。

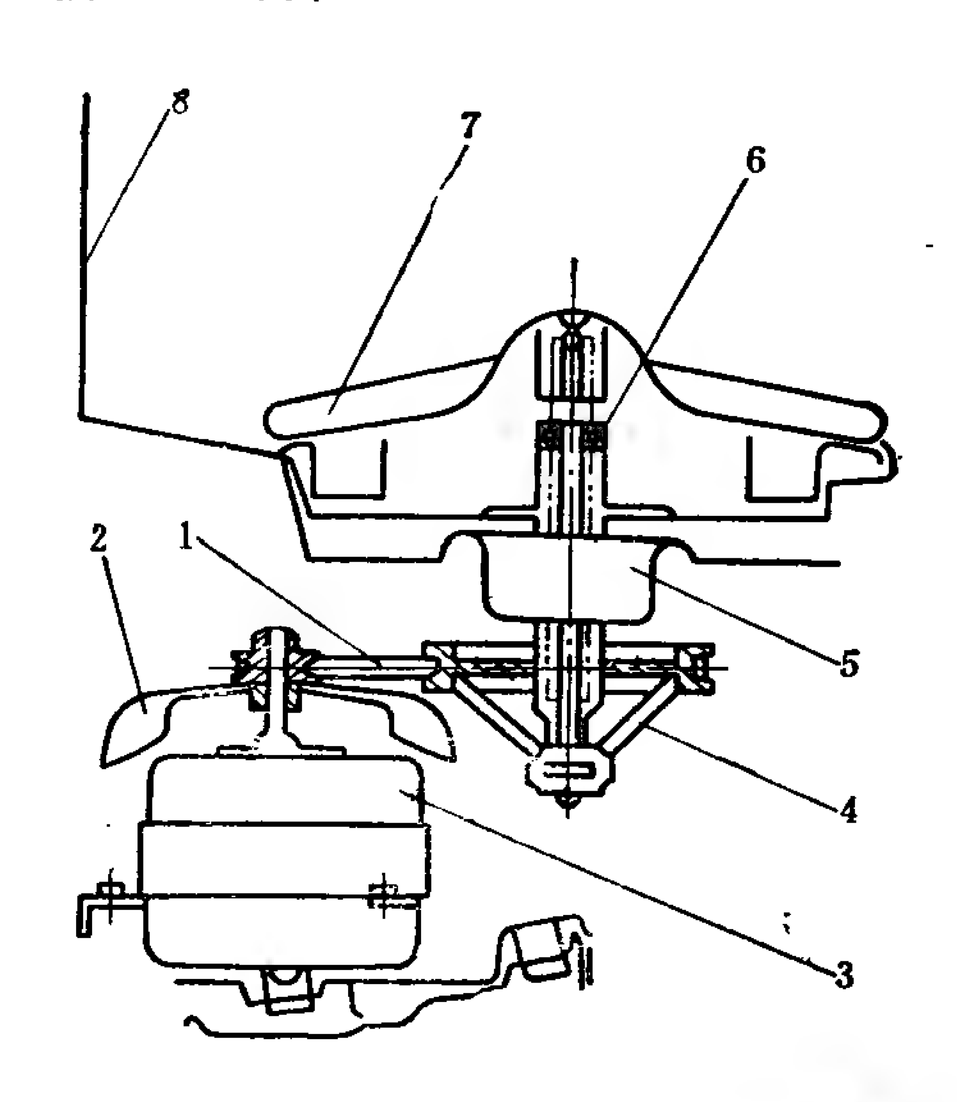


图3-3 洗涤电动机在洗涤桶下的位置
1—传动V型带 2—电动机扇叶 3—洗涤电动机 4—叶片带轮 5—齿轮箱 6—洗衣轴承 7—大型偏心波轮 8—洗衣桶壁

而当S与B点接触时，电容器则串入主绕组中。这时，辅绕组中的电流在时间相位上落后于主绕组 90° 电角度，形成的旋转磁场方向相反，电动机则反向运转。

开关S与A、B点交替通断，便实现波轮正、反旋转的洗涤目的。

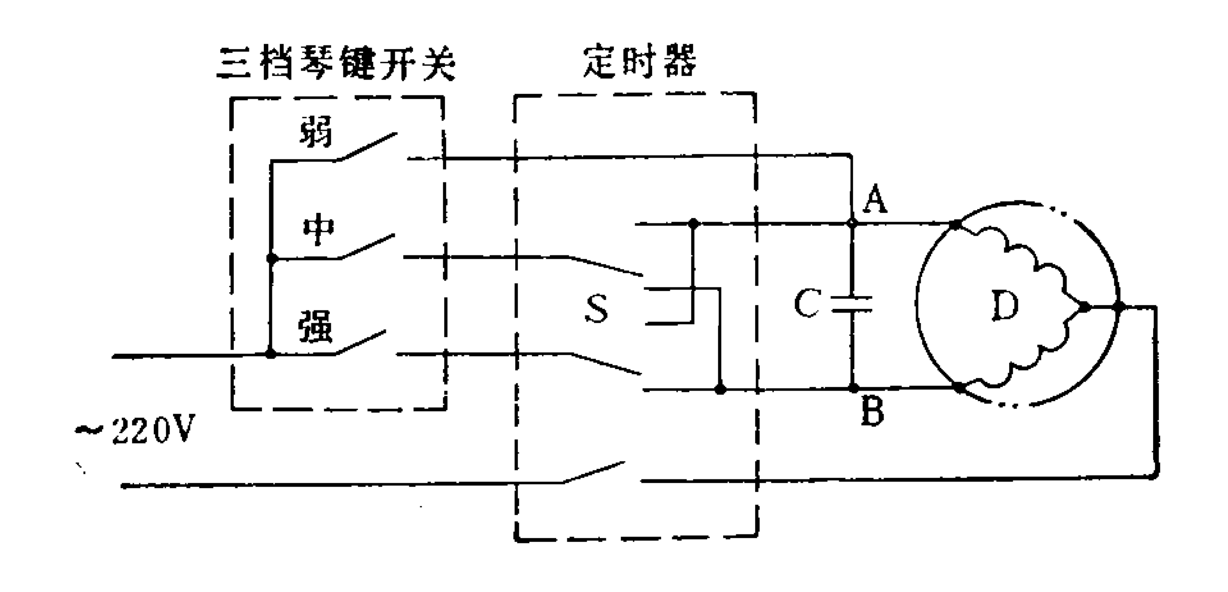


图3-4　单缸洗涤电动机接线图

图3-5所示为半自动洗衣机的控制原理，这种控制系统可以完成洗涤、漂洗、脱水、烘干等工序。洗涤、漂洗时，只需拨动定时开关S_1及三通阀控制开关对洗涤电动机进行控制即可。

经漂洗及脱水的衣物便可在机内加热烘干。烘焙的时间，可以调整定时开关。

3. 洗衣机电动机常见故障及其处理办法

(1) 洗涤电动机不起动，指示灯不亮

1) 无电　检查电源插头接触是否良好，熔断器是否熔断，并用测电笔或万用表检查电源是否正常。

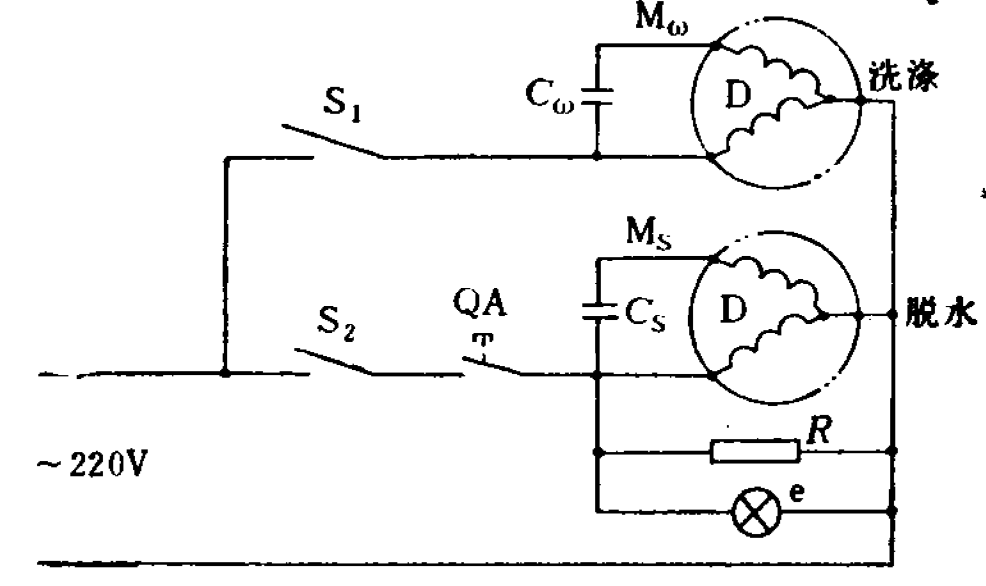


图3-5　半自动洗衣机双电动机控制原理图

2) 有电，属中间线路部分接触问题　查是否接线排松开或导线断路，应重新固紧接线螺钉或更换导线；指示灯泡损坏；有电但电压过低；“弱、中、强”洗涤方式选择按钮没有按下或接触不良，应适当调节簧片位置；定时器内部触点接触不良或

断路。

3）带进水阀的洗衣机因有水位开关，当进水量未达到限定水位高度时，洗涤电动机不起动 应使水量达到限定高度，电动机方能正常运转。

4）电动机引线断路，电容器损坏。

（2）洗涤电动机不转，且有嗡嗡声

1）电源电压过低 应待电源电压恢复正常后再使用。

2）波轮被异物卡死 应清除波轮上的异物。

3）电容器引出线脱开或虚焊 应将开焊处重新焊接好。

4）电动机转子被卡住 拆开电动机，清除异物或换轴承。

5）电动机两只绕组中有一组断线 拆开电机检查，仔细查出断点重新焊好，再包胶布扎好，如断在槽内，须更换绕组。

（3）波轮不能自动正转、反转、停转或不停地转动 这类故障一般不属于电机本身，而是由于定时器失灵、接触不良或触头烧结粘合无法断开电路所致。应检修定时器内部的弹簧片和触头，损坏严重时更换新定时器。

（4）电动机时转时不转 这属于电源插头、线路以及电器触点接触不良所致，检修办法参照上述（1）、（2）、（3）条。

（5）电动机转速变慢

1）电容器容量变小 应更换一只新电容试转。

2）电动机重修后绕组接线有错误 检查接错处，重新焊接。

3）电动机转子导条断裂 电动机解体修复或更换。

4）电动机绕组有短路，在有负载时，转速变低 排除或重绕线圈。

（6）电动机运转时噪声过大（超过65分贝）

1）整机安放不平或支架未固定。

2）波轮安装不正，转动时碰擦洗衣桶凹槽侧壁 应松开主轴套筒的螺母，将波轮校正到适宜位置固定紧。

3）洗衣机经长期使用后，轴和轴瓦磨损过大 应更换波轮轴或轴瓦（含油轴承）。

4）带自动排水阀结构的洗衣机，其牵引磁铁的间隙过大 修复牵引电磁铁，以减少噪声。

5）电动机底座或后盖板等多处螺钉松动 应将松动螺钉紧固。

6）电动机本身噪声 拆下电动机的传动带，空载试运转，判断噪声来源予以解决。噪声一般多为轴瓦或轴承磨损，电动机机壳固定螺钉以及电动机端盖固紧螺钉松动所致。严重损坏的电动机应更新，以免造成整机带电，发生触电事故。

7）传动带装配太紧：应调整到使带松紧适宜为止。

（7）电动机每次起动均烧断熔断器 这种故障在电动机内部，可能是：

1）电动机绕组烧毁或损坏 应更换绕组。若是局部故障，作局部修复。

2）电动机定子绕组部分短路 需找出短路点，若在端部，可作绝缘处理；如在槽内，需更换线圈。

3）电动机定子绕组对地绝缘损坏 应查出碰壳短路处，作绝缘处理，严重时应更换绕组。

（8）电动机过热 上面所述七种故障均会使电动机绕组中电流增加而过热，应先排除故障；此外

1）如洗衣量过多，应拿出部分衣物，减轻负载。

2）电动机转子与定子相摩擦：拆修电动机。

3）电动机定子线圈局部短路：排除短路故障。

4）转子导条断裂：应予修补或更新。

（9）电动机、电器漏电

1）电动机及其控制电路电器受潮而绝缘性能降低　电动机、电器漏电，直接危及人身安全，应及时查出，予以解决。检查方法：以电动机接线端头、电容器、变速开关及定时开关为重点，分段用万用表检查。查出后应进行干燥处理，以后每次使用后应用干布擦干。如属电动机绕组对地，应修理电动机。

2）属接地保护问题　应加接接地线，如原有接地螺钉松动应除锈后固紧。

（10）电动机绕组损坏的修理　参照第一章第八节单相电动机绕组的重绕方法进行。

三、风扇电动机

1．风扇电动机的类型和结构特点

常见的风扇种类很多，有台扇、落地扇、顶扇、吊扇等。其驱动电机多采用单相电容运转式或罩极电动机。但在车辆及船舶上，也有用直流或交直流两用串励换向器电动机的。

（1）单相电容运转式风扇电动机主要部分结构特点　现在家用风扇的电动机广泛应用电容运转式电动机，这是由于其起动能、效率、性功率因数、噪声等特性比罩极电动机优越之故。

这种风扇电动机的结构有两种：一种是防护式结构；另一种是封闭式外转子结构。

1）防护式结构　常用于台扇、落地扇、顶扇和壁扇的电动机中。图3-6是家用台扇、落地扇电动机的结构图。

定子　定子铁心一般用0.5毫米的无取向冷轧硅钢片或热轧硅钢片叠压铆合而成。定子槽多为8槽和16槽两种。它的绕组特点：因电风扇不需要反转，辅助绕组线径比主绕组细，两绕组相隔90°嵌于槽中，这些均同于电容运转电动机的一般规律。

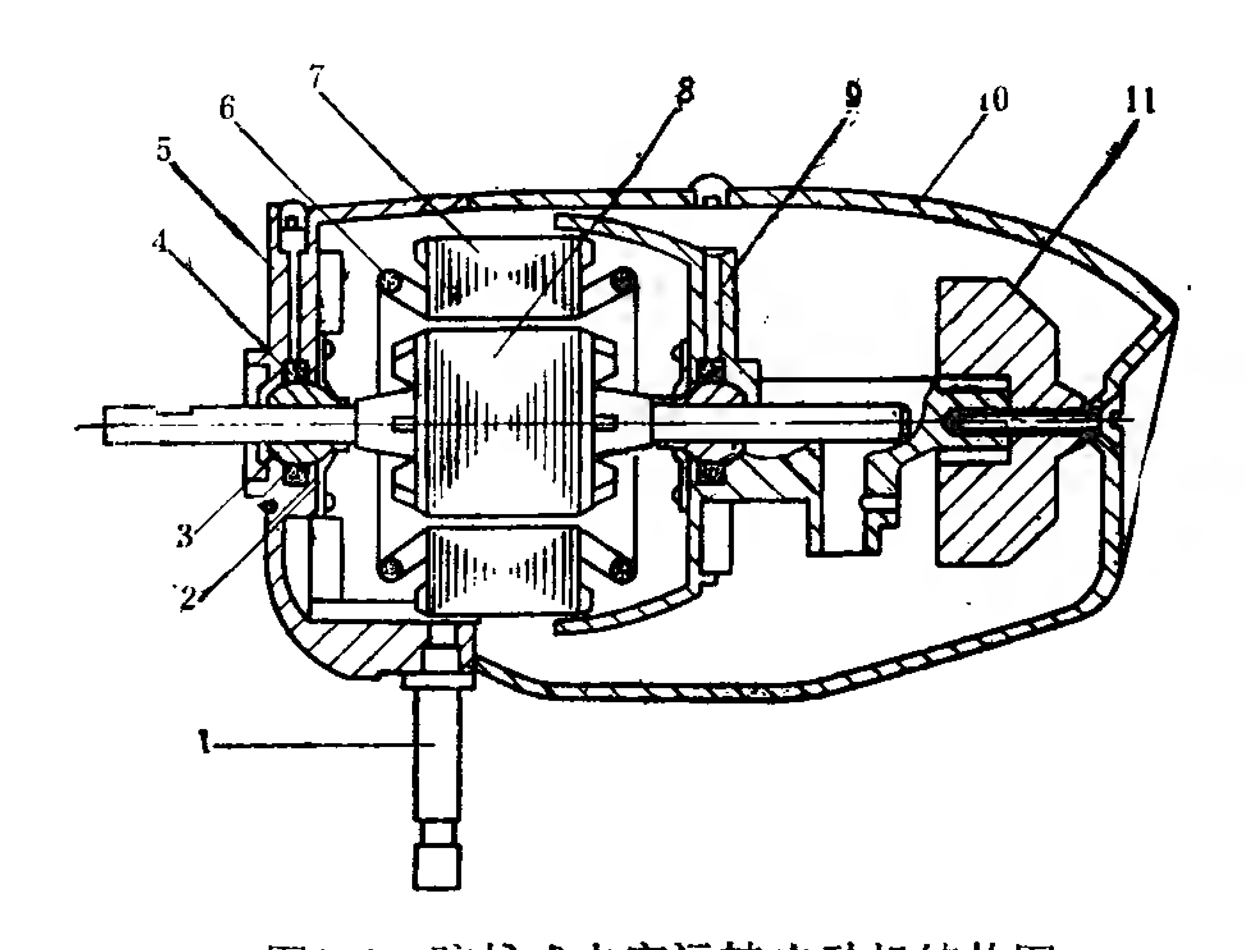


图3-6　防护式电容运转电动机结构图

1—立轴　2—轴承夹盖　3—球形轴承　4—毡垫　5—前端盖　6—电动机绕组
7—定子铁心　8—转子　9—后端盖　10—外壳　11—配重块

转子　转子槽均为 $1\sim1\frac{1}{2}$ 的斜槽，便于消除噪声和寄生转矩；转轴前端安装扇叶，而后端为蜗杆，与蜗轮啮合，作风扇摇头之用。

含油轴承　防护式结构的风扇电动机，其支撑轴承，一般采用铜基或铁基的粉末冶金烧结成型的含油轴承，其本身具有很多含油的微孔，当转子与含油轴套转动摩擦时，由轴承微孔供油润滑，并在两者接触面上很快形成一层油膜，这种油膜起到隔振润滑的作用，并减少振动噪声，这也就是含油轴承的优点。含油轴承所耗润滑油将从含油毛毡垫圈中得到补充。含油轴承，从结构上又分为球型和管型两种，如图 3-7 所示。球型轴承的优点，是在使用中可以自动调节中心，装配比较方便，缺点是由于长度较短，轴承座为弹性结构，故运转时噪声比较大；而管型轴承则克服了上述缺点，噪声小，耐磨性能好。

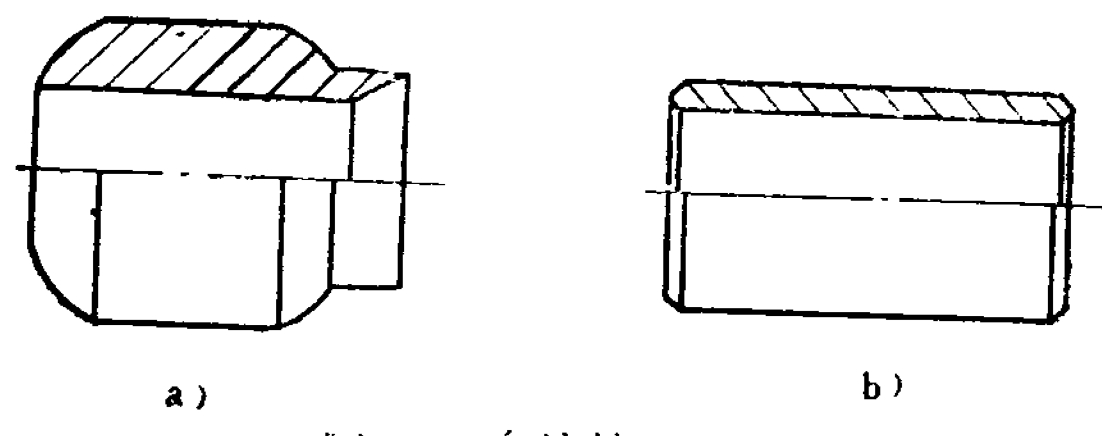


图3-7　含油轴承
a) 球型　b) 管型

前后端盖和外壳如图3-6所示。

2）封闭式外转子结构　封闭式外转子电动机多用于吊扇中，如图3-8所示，每分钟200～300转。由于吊扇扇叶的外形尺寸大，为了牢固和装配方便，做成外转子式的特殊结构，即它的定子在电动机中间与固定轴相连，不转动。而转子却与上、下盖固定成一体，组成旋转部分，带动扇叶转动。吊扇的上、下轴承均采用滚珠轴承。

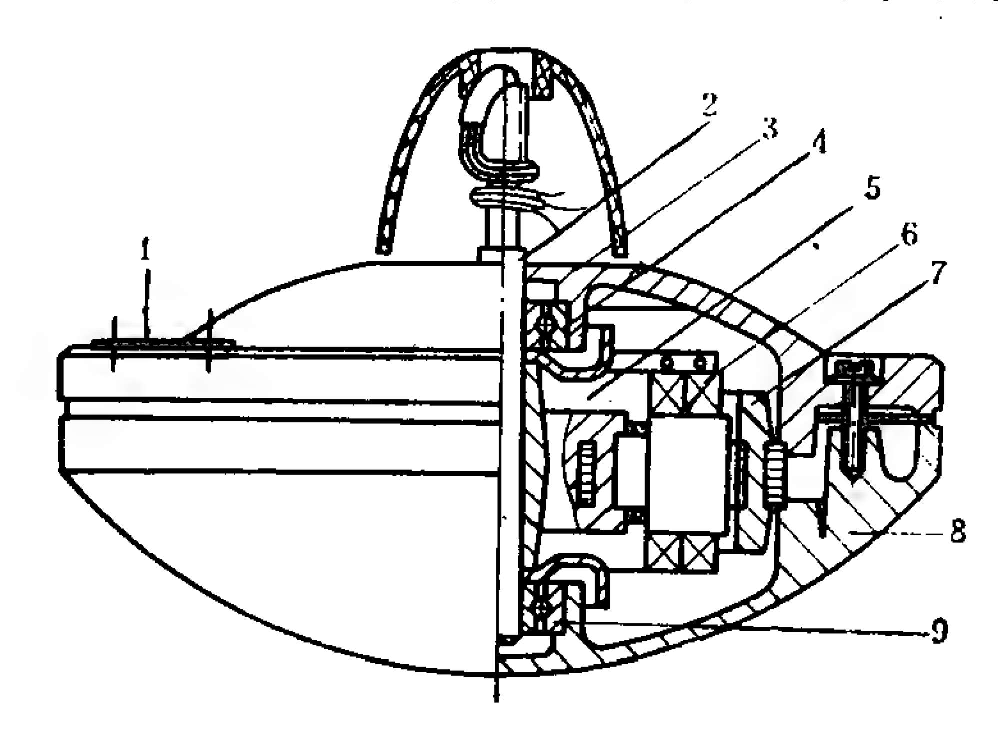


图3-8　吊扇电动机结构图
1—扇叶衬垫　2—转轴　3—上盖　4—上轴承　5—定子　6—定子绕组　7—外转子　8—下盖　9—下轴承

（2）单相罩极式风扇电动机与交直流两用型风扇电动机的结构特点

1）罩极式风扇电动机　罩极式风扇电动机与电容运转式电动机相比，具有结构简单、造价低廉的优点。但它有着起动转矩

小、过载能力差、以及效率低和噪声大等方面的缺点，它只适用于300毫米以下的小型风扇。

罩极式电动机只有主绕组，跨接于交流电源上，并集中绕在每一个磁极上，磁极的一部分用粗导体如铜环"罩住"，在通电时，使主磁极部分的磁通在短路导体中感应电压而产生二次电流。磁极上被罩部分的磁通比该磁极其余部分的磁通滞后一些，因而形成两相旋转磁场，使转子转动。它的运转原理及多种结构型式将在第四章中介绍。

2）交直流两用风扇电动机　交直流两用风扇电动机，因其有起动转矩大、速度调节容易、效率高等优点，故被广泛应用于旅行活动场所使用的风扇中。

这种电动机常称之为串励换向器电动机，它由机座、定子、电枢和电刷四部分组成。机座为铝或钢铸件，定子由硅钢片叠压而成，磁极有分布式和集中式两种。电枢由转子和换向器两部分组成，转子铁心有直槽和斜槽之分，电枢绕组放于槽内。在通直流电时，运转原理同于直流电动机；通以交流电时，由于电枢绕组和磁极绕组同时改变着电流的方向，所以，产生的磁场极性也随着电源极性的改变而变化，从而使电动机旋转。交直流两用电动机结构将在第五章中介绍。

直流电动机使用直流电源，在列车、船舶、飞机及没有交流电源的地方，其所用风扇均采用这类电动机。风扇用的直流电动机分为串励电磁式和永磁式两类。

永磁式风扇电动机，由机座、定子永磁磁极、电枢（转动部分）及电刷等四部分组成，如图3-9所示，这种电动机体积小，轻便，可制成便携式小型风扇，转速稳定可调。

直流风扇电动机由机座、定子磁极绕组、电枢（转动部分）及电刷组成，如图3-10所示。定子磁场绕组通过电刷换向器与电

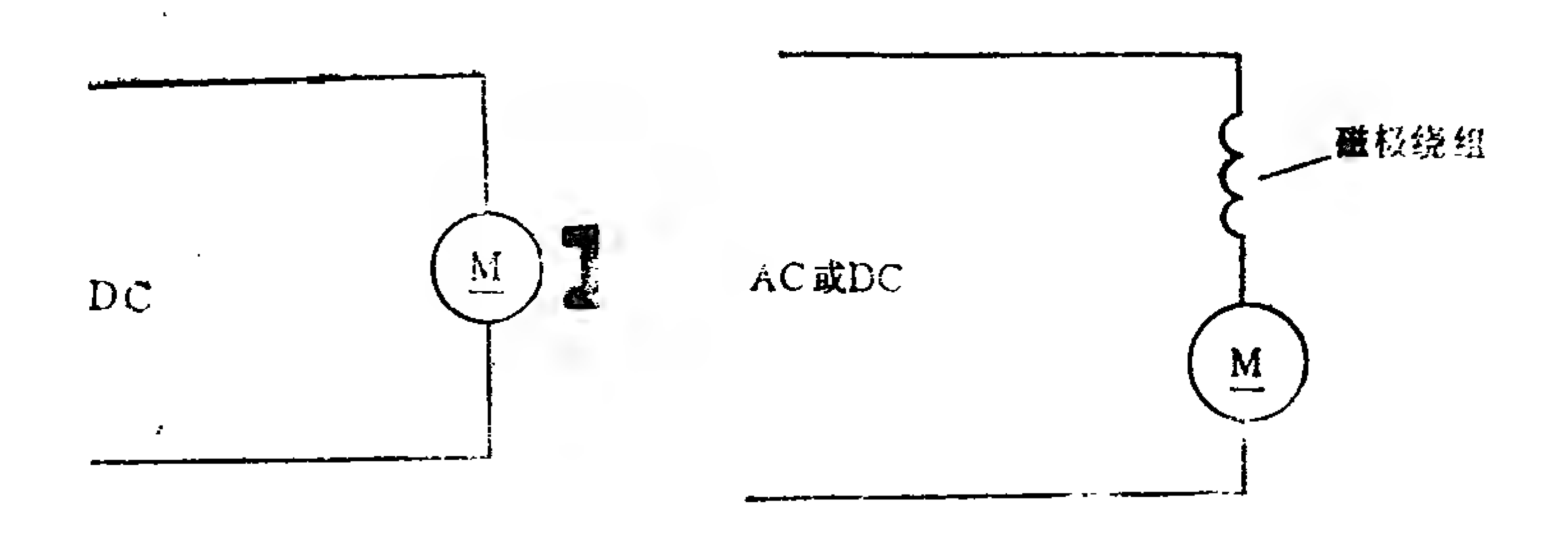


图3-9　永磁式电动机原理图　　　　图3-10　串励式电动机原理图

枢串联。当绕组中流过直流电流时，便会产生一个恒定的磁场，同时，电枢绕组中也流过直流电流，电枢中通电导体在磁场力的作用下，建立一个电磁转矩，由于换向器不断改变通入转子电枢的电流方向，而使转子电枢产生的磁场保持与定子磁场相斥，也就始终保持着电磁转矩，迫使转子保持着旋转下去。这种电动机转速可调得很高并易发生飞转，应当注意。

2. 风扇电动机调速控制的方式及原理

对不同类别的风扇电动机有不同的调速方式。用于交流电源的电动机，常采用电抗法、抽头法和加减电容调节法，以及电子无级调速法。

(1)电阻法　把电阻器作为降压调速元件串接在直流电机电枢回路里，如图3-11所示。根据所需转速，通过调速开关，选择电阻器的抽头，以改变电枢绕组两端电压，达到调速的目的。

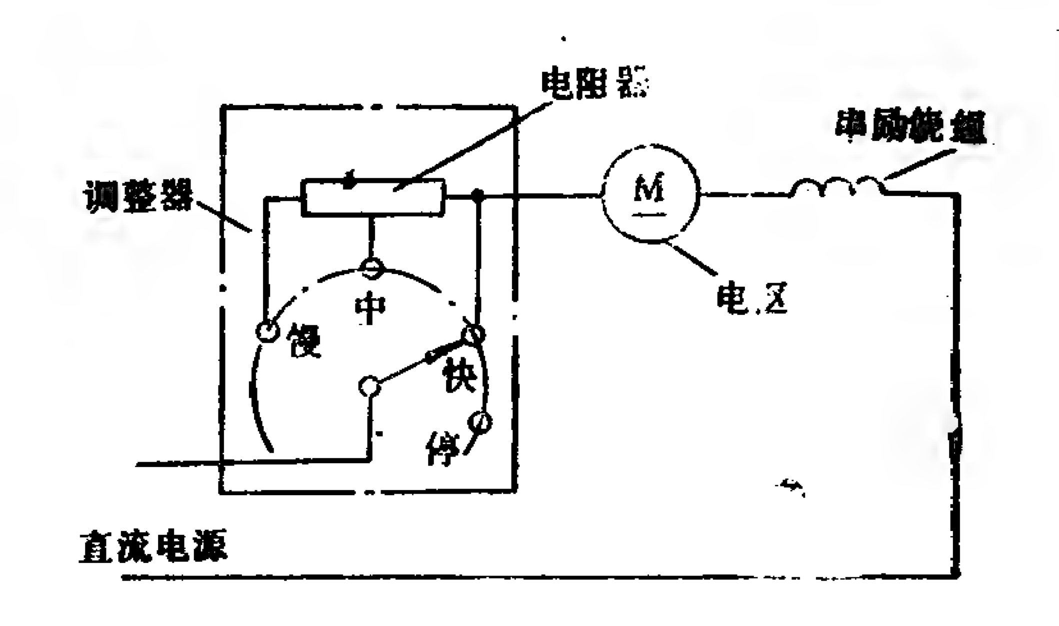


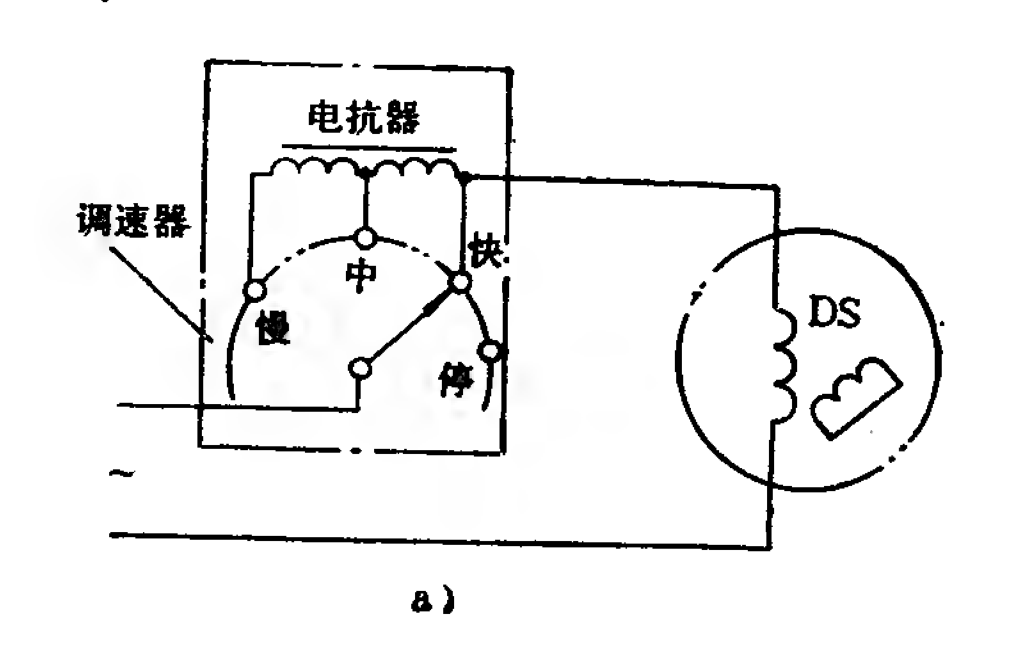
图3-11　电阻法调速接线图

（2）电抗法　电抗法调速是最常见而又较简单的一种调速方式，广泛应用在台式、落地式、壁式等风扇中。风扇规格不同，所用的电抗器型号也不同。

电抗器按用途分为两种：一种只作降压调速，如图3-12所示；另一种在降压的同时兼作指示灯电源，如图3-13所示。图中线圈aa′作为自耦变压器向指示灯供电，也可将线圈aa′制成独立的次级线圈作电源，如图2-13a中虚线所示。线圈bb′用来降压调速。

在罩极风扇电动机中，aa′与bb′的联接按顺串接法，即“头尾”相接。而在电容运转风扇电动机中，应将aa′与bb′反接，即“头头”或“尾尾”相接，如aa′b′b形式。反接的目的是为了减小在调速范围内电抗铁心中磁势的波动幅度，使指示灯亮度基本保持稳定。同理，在电容风扇电动机中，由于辅绕组电流在调速范围内变动较少，故将线圈aa′接入在辅绕组回路中，如图3-13b所示。

（3）抽头法　抽头法又叫分段励磁绕组法。其特点是只需



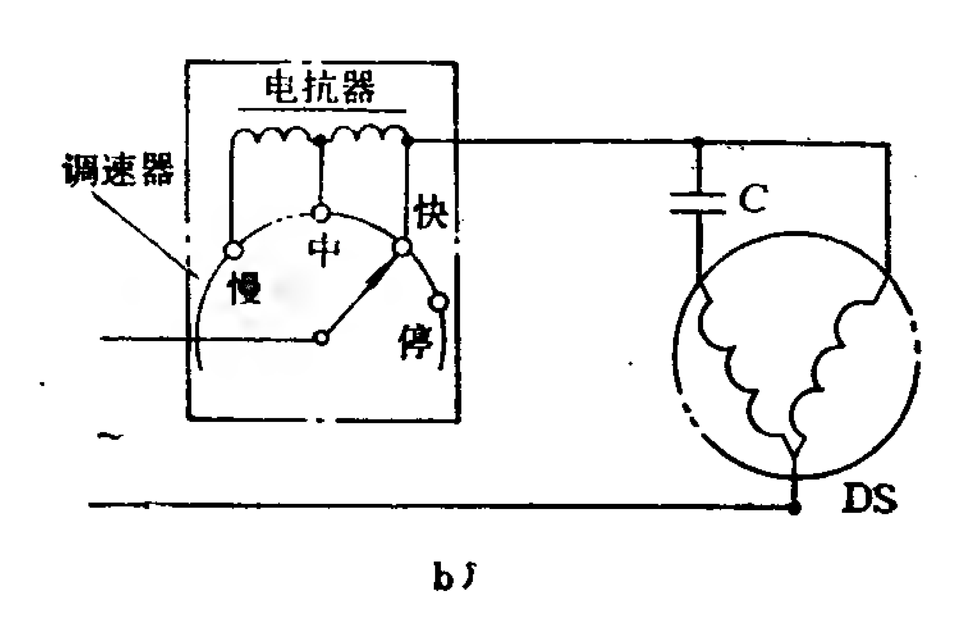


图3-12　用电抗器作降压调速时接线原理图
a）罩极式电动机的接线图　b）电容式电动机的接线图

改变定子绕组的接线，不用电抗器，所以耗电较少，用料省，重量轻；缺点是绕线、嵌线及接线复杂，风扇头到调速开关之间连线多，因此使它的应用范围受到限制，并给维护修理带来很大困难。现介绍几种抽头方法：

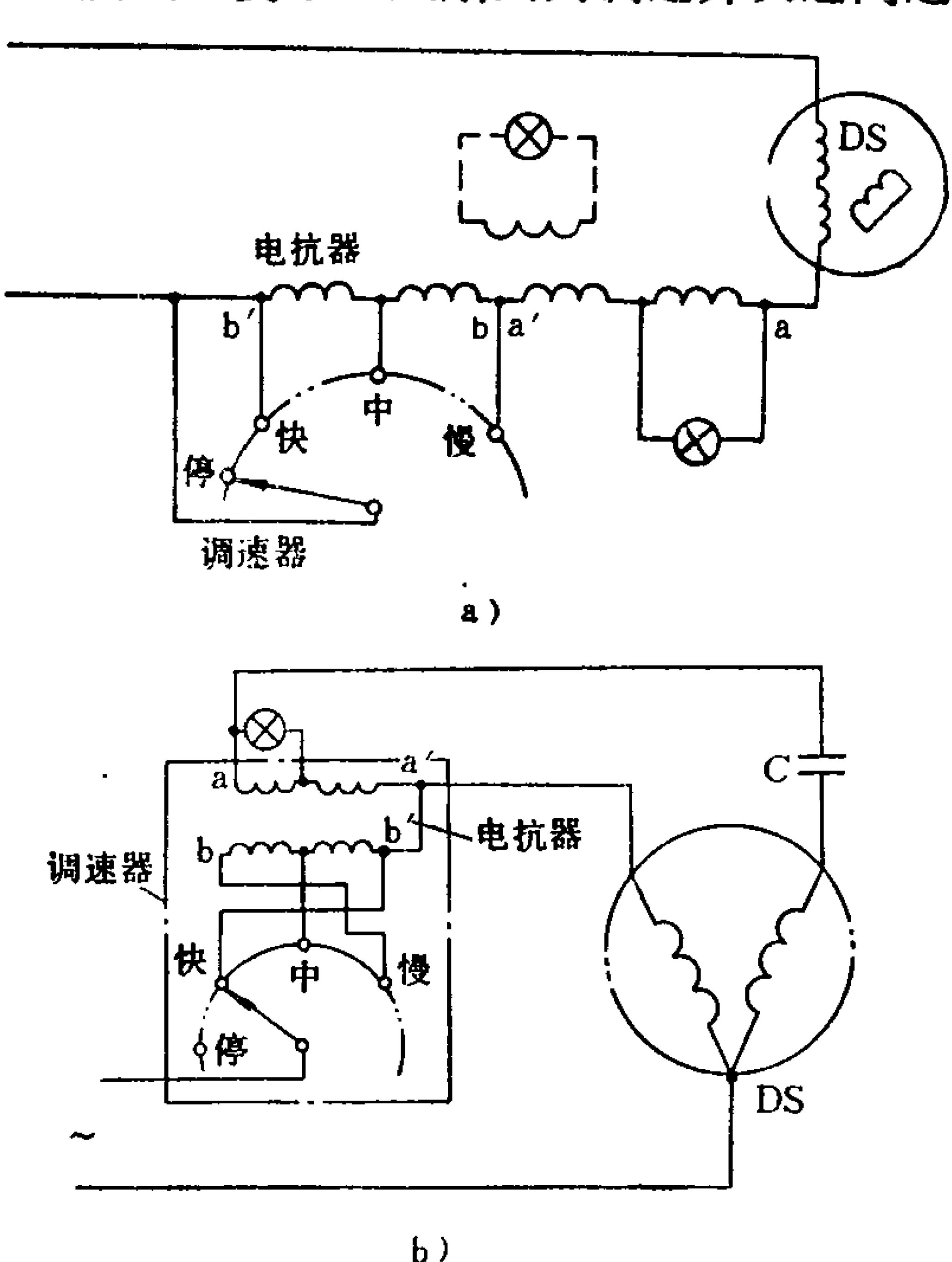


图3-13 带指示灯的电抗器调速原理图

a）罩极式电动机的接线图

b）容式电动电机的接线图

1）罩极电动机抽头调速方法

如图3-14所示，在电动机磁极绕组a—d上配置调速绕组de，两者串联。实际使用抽头法的多极电动机中，已在分配主绕组ab，cd及调速绕组de匝数时，考虑到相邻两极磁势之和在风扇各调速档运转时都相等，以保持铁心内磁平衡。在修理这类电机时应准确地记下各绕组的匝数，尽量保持原型，否则将会出现单边磁拉力以及因磁不平衡而引起的噪声。

对于两极罩极式电动机来说，两个磁极绕组在主磁通回路中处于串联状态。故不论主绕组和调速绕组的匝数如何分配，通过铁心各部分和两边气隙的主磁通都是对称的，保持着平衡状态，

仅是两极的漏磁通不同。

实际应用中，两极罩极电动机的两个磁极各绕一只集中线圈，匝数为主绕组与调速绕组匝数总和的一半。调速绕组放在一个磁极上，它与部分主绕组连接后，并为一只线圈。

2）电容式电动机抽头调速方法　根据调速绕组的连接位置，可分为LⅠ、LⅡ与T型等三种。如图3-15所示。图a为LⅠ型，起动绕组与电容器串联，运行绕组与调速绕组串联，然后并入电源；图b为LⅡ型，图中调速绕组与起动绕组、电容器串联后，再与运行绕组并入电源；图c为T型接法，即调速绕组的一头与主、辅绕组的端头接成星点，三绕组形成T型。调速绕组在空间上与主绕组同相位。凡在空间上处于同相位的绕组，它们在定子上分布相同。

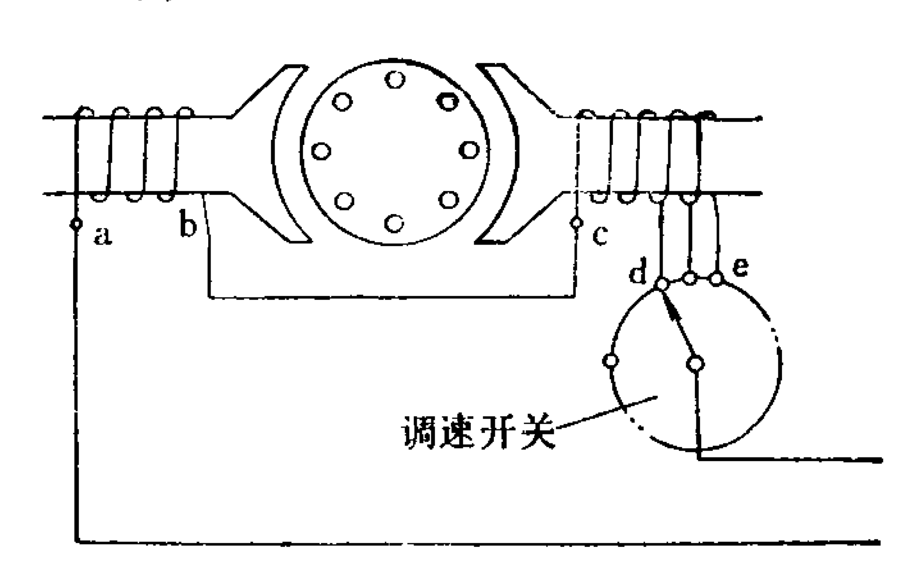


图3-14　两极罩极式电动机绕组的分配示意图

在绕组分布结构上，中间绕组一般位于槽的上部，因为其抽头接线多，放在槽的上部便于制作。中间绕组的匝数和线径，取决于给定的调速要求，不一定要与其串联的绕组相同。

（4）电容法　电抗器法与抽头法调速虽然应用普遍，但它存在功耗大、慢档起动性能差、工艺复杂等缺点。用电容器调速则可克服这一缺点。电容法调速同于电抗器，其原理是利用不同容量的电容容抗降压。如图3-16所示。

电容调速的电容容量的选择列如表3-1。

（5）电子调速法　图3-17所示为电子无级调速的一种方式。

a）

b）

c）

图3-15 电容电动机调速绕组连接法示意图

a）LⅠ型接法 b）LⅡ型接法 c）T型接法

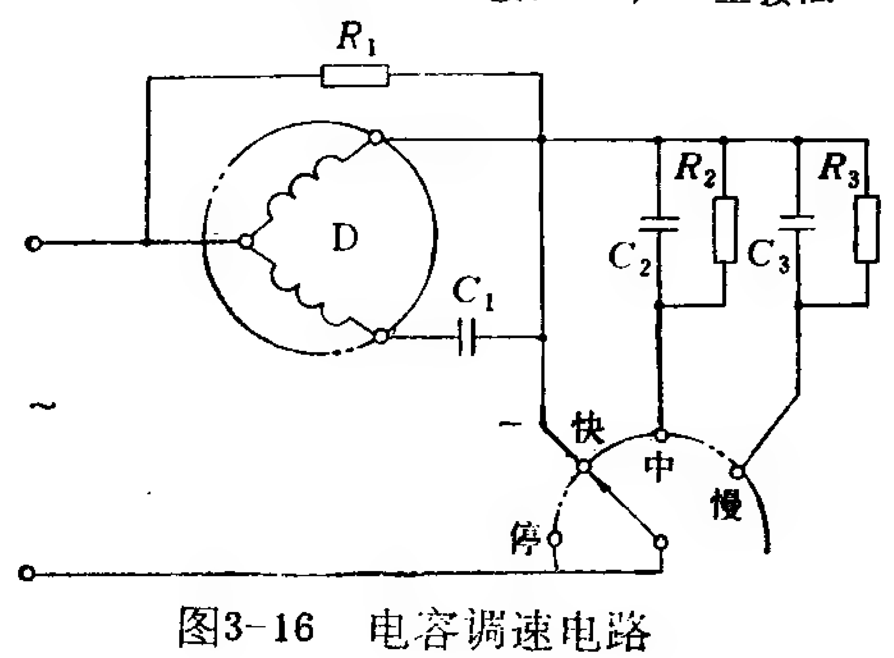


图3-16 电容调速电路

表3-1 电容调速的电容容量选择表

容量(微法) \ 序号	1	2	3	4	5	6
C_2	2.4	2.6	3.0	3.3	3.6	4.6
C_3	1.8	2.0	2.4	2.7	3.0	4.0

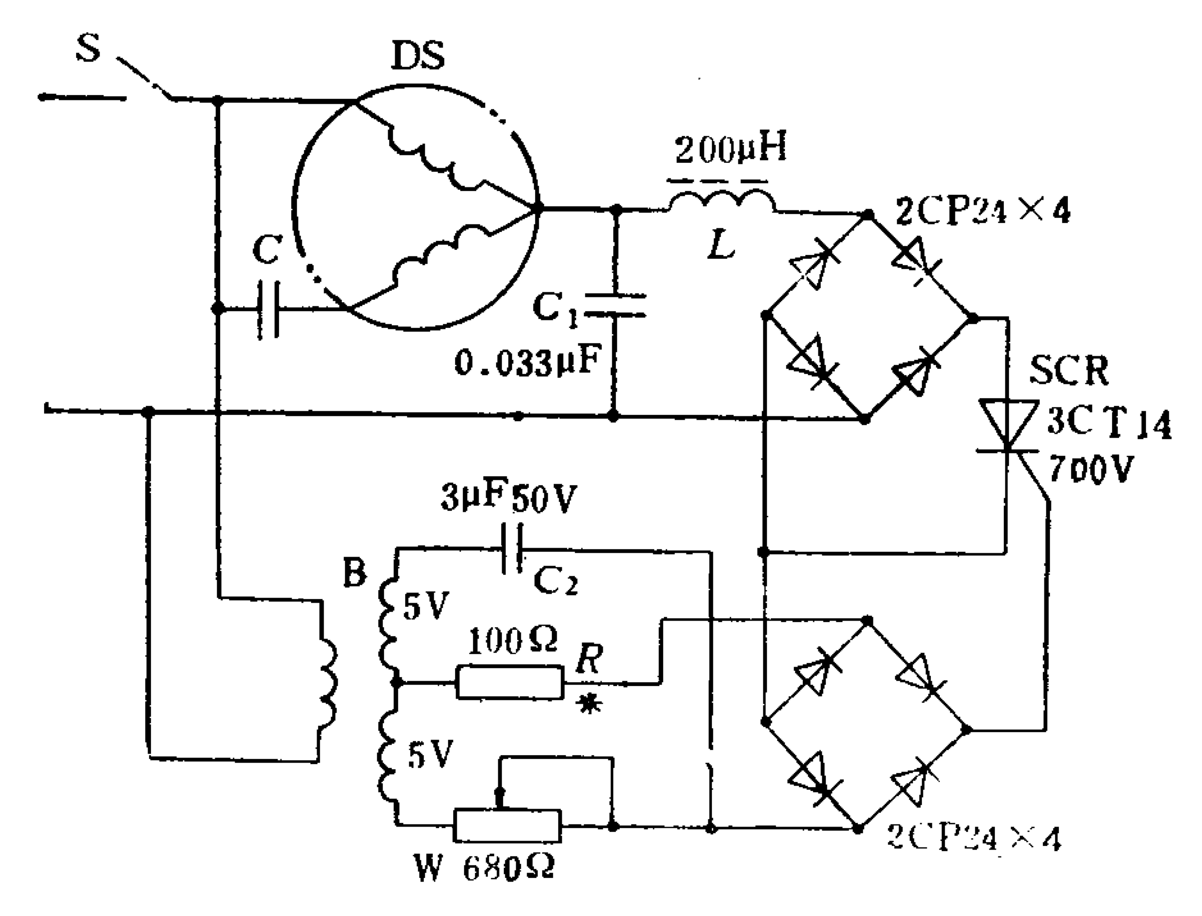


图3-17 电子无级调速电路图

图中主电路由电机D、电抗*L*、二极管整流桥D_{1-4}及晶闸管CR等组成。控制电路由变压器B、电容C_2、电阻*R*、电位器W及整流桥D_{5-8}组成，其中C_2与W组成阻容移相桥，调节电位器W的阻值，便可改变移相电桥输出的交流电压相位，经二极管整流桥D_{5-8}整流后加在SCR控制极上控制SCR导通角，从而达到改变电动机D的工作电压，实现无级变速的目的。这种方法调速效果最好。

3. 风扇电动机的常见故障及其维修

（1）风扇电动机故障的基本检查方法　维修风扇电动机同维修冰箱、洗衣机电动机一样，可按观察—分析—检查—修理—

试转等过程进行。具体作法步骤：

1）询问用户　通过询问用户了解故障现象，经过分析，便能大体确定故障范围。为找到故障点理出头绪，询问内容大致为：漏电情况，转速情况，温升情况，噪声情况，其它突然事故情况等。

2）外观初步检查　在电动机通电检查之前，须按用户提供的线索，进行有针对性的外观检查。

① 检查引出线绝缘是否损坏，电源插头是否良好，三线头之间是否相碰，接线是否正确。

② 如有500伏兆欧表，可检查电动机绕组绝缘情况，绝缘电阻应大于0.5兆欧。

③ 检查电动机扇叶、传动机构及调速开关等，如是吊扇应检查挂钩是否牢固。

3）通电操作检查　根据已确定的故障范围和掌握的故障现象，将电风扇接通电源，让其运转进行复查核实。

① 漏电情况　查时，可先用试电笔测试电机外壳，根据电笔氖泡的亮度来判断漏电还是感应电。然后，再用万用表测量具体电压值，按带电电压值的不同，采取不同的排除措施。

② 转速情况　根据电动机通电旋转情况，可了解到电动机内部绕组及转子等基本状况。检查时可在风扇未接通电源之前，把变速装置放在最慢一档，摆动旋钮放在摆角最大位置。通电，看电动机能否起动运转，如不能，则说明该电动机起动转矩小。由此，进而打开电动机后盖，脱开蜗轮等转动机构，单独检查风扇电动机，看其能否达到正常转速。结合下面的情况，进一步进行分析。

③ 温升情况　电动机绕组或轴承如有故障，在传动机构脱开后，通电半小时左右，温度会升到烫手的程度，如运转一小时

后，手能在电动机外壳上停住，仅有热感，电动机应属正常。

④ 噪声情况 风扇在各档转速下运转时，除能听到强制气流发出的正常"沙——"声之外，不应有任何机械或电磁噪声。对于噪声故障，可借助第二章所介绍的"听音器"或"晶体管轴承检查仪"查出噪声，予以排除。

4）对于突然事故的检查 突然事故分外部原因故障和内部因质量原因造成事故两种。如因扇叶卷入杂物引起卡死造成电动机停转，应迅速停机，排除杂物，校正扇叶即可。如无外界影响而突然停转，得结合用户平常使用情况来考虑，若开关不灵，应检查开关。在无任何外部线索的情况下，对突然停转的电动机，应参考第二章第四节中电动机不能正常起动的办法进行检查。

不论任何原因引起绕组烧损时，除了解体电动机更新绕组外，应对其控制电路中的定时器、调速器及电容器等元器件进行检查；对有关的机械零部件进行认真检查。

5）用万用表检查

① 用万用表测电动机电流 根据所测算的电流来分析电动机内部绕组情况比较准确。当常用的万用表只有"直流"档，而无"交流"电流档，测量时，可在风扇电动机的电源线上串入几至几十欧的电阻（阻值不宜太大，以免影响测量精度），然后测量电阻两端电压降，根据欧姆定律 $I=\frac{V}{R}$ 求出风扇电动机的工作电流。将此电流与电动机额定电流相比较，便能发现问题之所在。

常见电动机的有关额定电流数据如表3-2及表3-3所列。

② 用万用表测量电动机直流电阻 这里所介绍的是比较法：先测出电动机绕组的直流电阻值，然后将其与风扇电动机的正常阻值进行比较，即能发现并推断出电动机绕组有无短路、断路或接触等问题。常见风扇电动机主、辅绕组的直流电阻值如表

表3-2 电容运转式电动机额定电流数据

类别	极数	规格（毫米）	输入功率（瓦）	输入电流（安）	转速（转/分）	起动电容量（微法）
台扇	4	250	35	0.15	1300	1
		300	44	0.20	1280	1.5
		350	54	0.25	1280	1.2
		400	66	0.33	1260	1.2
吊扇	14	900	50	0.24	380	1
	18	1200	73	0.37	290	2
	18	1400	80	0.40	280	4

表3-3 部分牌号风扇电动机额定电流数据

风扇牌号	规格（毫米）	转速（转/分）	输入功率（瓦）	输入电流（毫安）
TF牌	400	1142	48.2	212
		1164	38.8	207
		935	29.5	190
乘风牌	400	1305	51	222
		998	37.7	215
		700	28.3	190
金鹿牌	300	1271	36.5	173
		878	21.5	160
牡丹牌	300	1215	37.3	175
		668	21	160
红梅牌	300	1260	37.8	175
		869	21.5	160

(续)

风扇牌号	规格（毫米）	转速（转/分）	输入功率（瓦）	输入电流（毫安）
紫琅牌	300	1342	33	162
		1133	21	150
菊花牌	400	1238	56	250
		791	36	216
		584	28	175
双江牌	400	1333	48.5	214
		1142	38.5	212
		784	29	190
长城牌	300	1235	35.1	167
		803	21.1	160
五羊牌	300	1080	43.2	205
		590	21.5	162
三叶牌	300	1264	36.4	171
		768	21.2	160
桂湖牌	300	990	44	207
		499	21.2	162

3-4所列，供维修时参考。

（2）风扇电动机常见故障的修理

1）通电后电动机不转

① 通电后电动机不转并无哼哼声　这种现象表明，故障在线路及电动机和电器元件方面。可能是：

a．电源无电；

表3-4　常见风扇电动机绕组电阻值

类别 \ 项目	规格（毫米）	主绕组电阻值（欧）	辅助绕组电阻值（欧）
电容式台扇	250	330	470
	300	270	340
	350	165	350
	400	150	470
罩极式台扇	250	180	
	300	100	
	400	45	
电容式吊扇	900	220	225
	1200	185	480
	1400	190	290

b．电动机引线及插头损坏或接线断开、脱落；

c．按键开关或定时器接触不良；

d．电抗器内部断路或外部接线点虚焊、脱焊；

e．其他各连线断路、脱焊。

以上故障现象可用万用表测出，最好采用静态测量方法。即拔出风扇插头，脱离电源，按下调速开关，接通定时器后，再用欧姆档，将红表笔固定在插头的一个端头上，黑表笔依次测量各段线路和器件，直到黑表笔搭至插头另一端，显示“通”时为止，这样能很快找到断路点。排除断路点后，接通电源再试。如测出电动机内部绕组断开，则应解体电动机，参考第二章第四节电动机不能正常起动的处理办法，予以排除。如属电抗器内部断路，可先短接两头，抛开电抗器试机，尔后更新或重绕电抗器。亦可改用电容或电子等方法进行调速。

② 通电后电动机不转，转动转子轴，手感沉重，细听时有较大的电磁哼声 这种故障一是电源电压过低；二是由机械传动部分的问题所致。如电动机两端轴承太紧；因轴承磨损引起定、转子相碰；变速机构有卡死等情况。解决办法，一般先在转动部分和电动机前后加油孔处注入适量的20号机油或缝纫机油，然后试转。若确定是轴承问题，应更新。

③ 通电后电动机不转，但用手转动灵活，电动机有“哼”声 此种故障多发生在电动机内部绕组或起动绕组外部电路上。检查办法：先确定故障在主绕组还是辅绕组方面。接通电源，用力旋动转子轴，看其是否起动得起来。如能起动，故障则在辅绕组上；不能起动，则在主绕组上。可用万用表细查。若在辅绕组方面，可先易后难，即先查外部器件，如电容器是否完好等；再解体电动机查内部绕组接线是否有断开等。按照第二章“电容器”的检查方法，确定故障，予以更新。

2）电动机起动困难

① 起动困难，但一经起动却运转正常 这一故障，在电源电压正常的情况下，应先找出起动困难点，根据有无起动困难点来确定故障范围。办法是：在风扇最大仰角（20°）低速档下进行“点动”电动机，风扇叶自由停止的位置，即为起动困难点。记下该位置，断电后用手正、反慢慢试转，细细耐心地体察，转到该处有无明显“较紧”的感觉。有“较紧”感，即为机械原因所引起，可能是，电动机前后端盖或轴承不同心。如果电动机装的是管形含油轴承，可先拆开后罩，打开变速箱，脱开斜齿轮；再用手轻轻旋动转子，发现“较紧”点时，用橡皮榔头轻击与过紧部位相对应的电动机端盖筋部；再旋动转子，看“较紧”点是否变松，若变得更紧，说明敲击点受力反了。经反复调整，直到阻力消除为止，紧固各螺钉。

如果是球形含油轴承，可拆开电动机，拧松轴承夹压紧螺钉，调整一下轴承位置，然后拧紧轴承夹，固定螺钉，装机复原，试转，如不理想，可反复几次，直到比较满意时为止。较快的调整方法是解体电动机，抽出转子，将前后轴承夹压至七、八成紧后，通电试机，轻轻震动电动机轴或端盖，使之转动轻松，噪声最小。然后断电，头朝下立起电动机，小心地取下后盖，轻轻地抽出转子，尽可能地保持轴承原状，再将轴承夹螺钉固紧，装机复原即可。

有“较紧”感觉，也可能是变速箱蜗轮磨损严重及电动机前后罩螺钉松紧不一致所致。作相应的调整或更换新蜗轮即可恢复。

如果无“较紧”的感觉，则属于起动电容器容量不足或绕组局部短路所致。电容器容量小于额定值60%时，则表明容量严重减退，应换新的。绕组局部短路，电动机输出转矩不足，自然起动困难。检查办法参阅第二章。

② 起动靠外力，且旋转方向决定于转轴受力方向　这种故障说明电动机绕组处于单相通电状态，起动绕组未参予工作。故障原因一是辅绕组断路；二是起动电容器失灵或内部断路；三是辅绕组各个连线断开或虚焊。

用外力起动风扇电动机时，应当注意到：对于罩极电动机，起动后可一直运转下去；而对于电容电动机，虽然起动起来，但运转时间短，不会持续下去，电动机的转速将随运转时间的增加而逐渐变慢。

3）不通电时转子转动灵活，通电后反而不转　这是由于电动机转子被定子“吸住”了。转子被吸的原因较多。简单地说，风扇电动机在起动瞬间，气流对扇叶的阻力转矩等于零，属轻载起动，应能正常起动；但由于电动机后轴伸端还带有摇摆系统的

两级变速齿轮箱，在配件加工精度不够或齿轮啮合不良时，起动时出现机外阻力过大的“死点”。此外，电动机在低速档起动时，电动机中磁场最弱，并且单相电容电动机绕组产生的磁场是椭圆形磁场，再加上定子转子之间的气隙偏差，形成较大的单边磁拉力，将转子吸住，不能起动。

形成定子转子间气隙偏差的重要原因，在修理实践中，常见的是轴承夹螺钉松动，致使两端轴承不同心，造成转子与定子相擦；也有因轴承严重磨损、松动，转子在起动前就“下沉”，而使定子转子间隙上下不均造成气隙偏差的。解决的办法是，调整并更新轴承。

4）转速不正常

① 时转时停　风扇电动机转速无常，主要是其绕组内部及其连接电路存在接触不良和脱焊等情况。常见的有以下几点原因：第一是插头插座接线焊点因腐蚀接触不良；第二是调速开关、定时开关接触点腐蚀接触不良，这两种故障可用视觉观察到，也可用万用表检查出，找出故障点，将线头焊牢，触头用金相砂纸打磨光即可；第三是绕组内部有连线似断非断所致，可用灯泡法或万用表法查出排除；第四是摇头传动零件配合过紧，出现“过紧”点，应予调整；第五是电容器内部接线不牢，应予更新。

② 转速太慢　转速太慢的原因较多，如吊扇平面轴承损坏，致使转子下沉，或者缺油。这些需要调换平面轴承，使其恢复原位，及时注油。

在电气方面，如电源电压过低，转速自然偏低。若电源电压难以改变，可将变速开关调至高速档，继续使用；若绕组匝间短路，用侦探器查出后，调换短路绕组；若电动机绕组是新嵌的线，应首先考虑到绕组接头是否接反，用右手螺旋定则法重新检

查为好；若绕组匝数过多或导线过细，应重新核对，查明数据后重绕；检查电容器是否完好。

③ 转速太快 串激式直流风扇电动机，在定子磁场减弱或消失的情况下，会出现每分钟几万转的危险速度。遇到这种情况，应迅速停车，检查励磁线路的开路点。同时应注意，电动机不允许空载运转，试转时应带上风扇叶。

对于一般的单相电容式风扇，转速太快有两种情况：一是因电源电压过高引起高速；二是指调速不明显，无快、中、慢三速之分，这种故障原因多因调速线圈或电抗器局部短路，应重新绕制线圈，更换或采用其他形式的调速办法予以补救。

④ 倒转 风扇电动机出现倒转故障时，应首先查清该电动机是电容运转式、还是罩极式。

对于罩极电动机倒转，一般是由于在拆卸保养电动机时将定子铁心装反而引起的。因罩极电动机的旋转方向取决于罩极的位置，这在电动机设计时已确定好的。罩极在磁极面的左边，转子沿逆时针方向旋转；罩极在磁极面的右边，转子则沿顺时针方向旋转。当电动机出现倒转时，只要将电动机定子调转180°装入，即可使电动机正转。

5）调速失灵 风扇电动机的调速失灵或快、中、慢变速不明显的原因，主要是调速开关、调速绕组及调速电抗器本身或连接线路上出了故障。

调速开关及连接线路的脱焊断线，可以直接观察出来，观察不到时，用万用表查，并予以排除。

采用绕组抽头法调速的电动机，调速失灵的原因在于抽头绕组短路或断路：应将电动机解体后，逐一查出故障点。短路或断路，如在绕组外部，比较容易排除；如在内部，则需更换一根导线、一组线圈甚至整个绕组。

采用电抗器调速的电动机，调速失灵的原因在于电抗器内部短路或断路，应更新。有时也因电抗器与风扇电动机不配套，使之调速失灵，无低速。换新电抗器时，应注意，相同规格型号的电抗器不一定适用同规格而型式不同的风扇电动机，所以，应尽可能选用原配电抗器。无法配套时，可改用电容或电子调速方式调速。

如果重绕电抗器，要注意原始数据的记录，如圈数、线径、层数、层间绝缘、抽头圈数及抽头位置等。另外，应正确接线。电抗器的指示灯线圈与调速线圈的连接方法有两种：第一是指示灯线圈与调速线圈反极性连接，简称反串接法，如图3-18a所示；第二是指示灯线圈与调速线圈顺极性连接，称顺串，如图3-18 b所示。

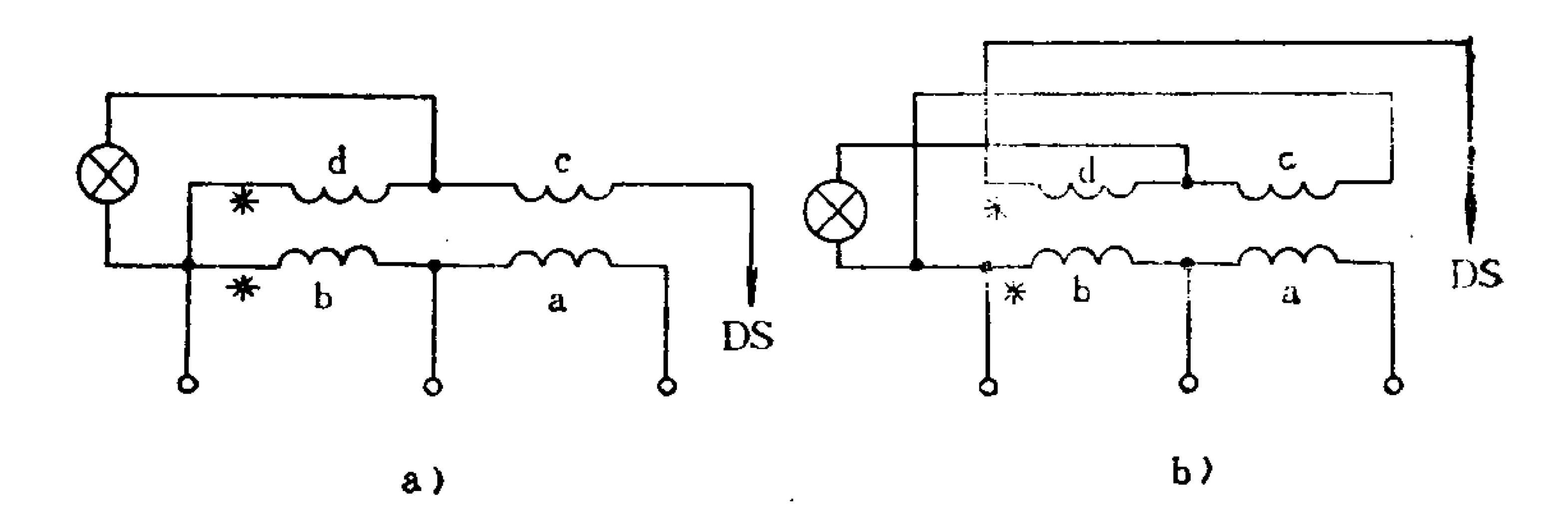


图3-18 电抗器内部接线

a) 反串接法 b) 正串接法

为使修理电抗器方便，表3-5列出了常见的几种电抗器绕制技术数据，供参考。

6）噪声严重、电动机抖动

①“哨哨”声 一般风扇电动机的转子轴向有1毫米以内的活动余量，但这种轴向活动余量过大时，会使扇叶在转动时沿轴向前后窜动，并发出撞击的“哨哨”声来。多数风扇具有这种现

表3-5 电抗器绕制技术数据

风扇电动机种类	电风扇规格（毫米）	电抗器绕制数据					
		铁心型式	线径（毫米）	匝数			
				a	b	c	d
电容式	300	方	0.17	250	1300	300	70
	300	圆	0.17	300	1100	270	70
	350	方	0.23	150	870	500	52
	350	方	0.19	350	800	250	70
	400	方	0.23	200	800	455	45
	400	圆	0.23	200	800	465	70
罩极式	400	圆	0.23	300	640	200	65
	300	方	0.27	100	750		
	400	方	0.41	70	380		
	400	圆	0.41	76	425		

象。这种现象称作"轴标"。发生"轴标"时，可在转子轴上加放厚度适宜（0.5～1毫米）的尼龙垫片解决。若加垫后不奏效，再进一步检查机轴是否同心、灵活，并通以80～100伏电源电压试运转电动机。如不能起动，再反复调整、装配，直至电动机平稳运转为止。

② 特殊"达达"声　在电动机转子铁心与转轴间出现松脱时，会由电动机内部发出这种特殊的声响。实践证明，这是一种难以检查到的故障。在确认各部分都正常，但机内仍发出这种噪声时，就应考虑到：是否转子铁心与轴有松脱，运转时有位移。解决这一故障的办法，是将转子与机轴重新对位铆焊牢靠，或在转子铁心与轴间加穿心螺钉紧固，也可在转轴上用$\phi1.5$～$\phi2$的钻

头打上若干小孔，然后用铝线铆接紧。

如果"达达"声来自轴承套，即因轴承发热，弹簧支撑变形引起跳动所致。可将羊毛毡浸透机油，加垫一层0.5毫米厚青壳纸，组装复原，即可消除。

如果"达达"声来自风叶，可将轴与风叶间加垫一层0.2毫米青壳纸，将螺钉拧紧即能消除。

③ "哼哼"声严重　噪声是风扇的一项重要技术指标，其中包括电磁噪声、机械噪声及空气动力噪声三方面。家用风扇要求噪声不超过45～55分贝。对于风扇电动机来说，主要是电磁与机械方面的噪声，表现为"哼哼"或"嗡嗡"声。区别电磁噪声与机械噪声的办法是：通电时有，关断时无，这是电磁噪声；通电时有，关断时也有，这是机械噪声。

产生电磁噪声的原因：

a．一是定子转子间气隙不均匀　风扇电动机的气隙值一般要求为0.25～0.35毫米，并保持均匀。若气隙不均产生单边磁拉力，会出现电磁噪声。改进的办法是，重新装配，调整轴承夹固紧螺丝，保持前后轴承同心，检查轴与轴承磨损情况，边调整边试转。

b．二是气隙中磁场不均匀　这是由于绕组局部短路，加上单相电动机的两相绕组本来产生的磁场就不是圆形磁场，气隙中磁场的不均匀度被加大，脉振力矩变差，从而产生噪声。排除短路部分，"嗡嗡"声自然消除或减弱。

c．三是电动机转子槽斜度不够或定子转子配合不当　这一点是先天性的，无法修理。目前国内电动机多为单斜槽转子。经有关方面试验比较，转子斜度越大，电磁噪声越小；双斜槽转子，槽斜度大，噪声即小。图3-19所示为转子槽斜度比较。

电动机的定转子配合不当，噪声大。目前风扇电动机多为8槽和16槽两种，与转子槽配合分别为8/17和16/22，在试验中，电磁

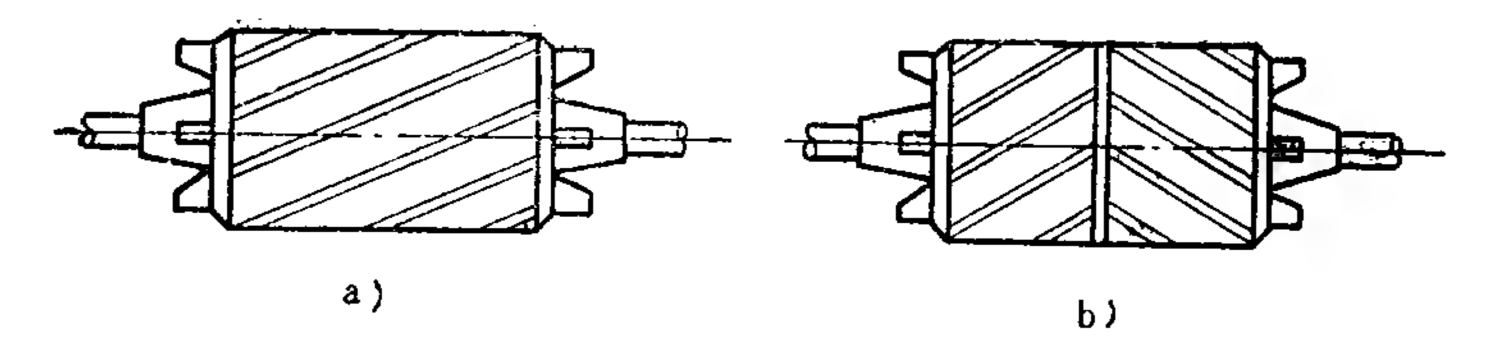


图3-19　转子斜槽情形

a）单斜槽（斜二槽）　b）双斜槽（斜一槽　错开半槽）

噪声前者高、后者低。

④　“嚓嚓”、“啮啮”和“咯啦”声　这些噪声来源于机械部分，如“嚓嚓”声，常见于减速箱内蜗轮蜗杆啮合不良；“咯啦”声常见为传动机构中零配件精度不够或整体装配不良所致。电机与扇叶连结松动或扇叶与扇罩相碰会产生“啮啮”声。这些噪声可以采取相应措施加以排除。

上述几种噪声严重时，往往伴随着电动机抖动，而当噪声减弱或消除时，抖动也相应地减小或消失。

7）温升过高

①　风扇电动机局部过热　过热部分一般在定子铁心某处或轴承的端盖处。发生在铁心某处，是由于该处绕组局部短路或该处气隙过小，定转子相碰（俗称扫膛）所致。若是轴承盖发烫，是因为该轴承磨损，轴承与轴配合不良或严重缺油所致。

②　电动机整体过热　在绕组局部短路或“扫膛”严重时，转子鼠笼条内感生的电流将过大，转子过热并将热量经轴承传至两端盖，形成电动机整体过热；当辅绕组断路或电容器失效时，若通电过久，电动机仍未起动，会因主绕组过电流而发生整机过热；如果轴承过紧，或轴轮处有污物杂质，使之在阻塞或完全缺油状况下运转，这时，除了轴承处发热外，电动机也会整体发热。

电机温升过高，是多种故障的反映，应当特别重视。解决这个问题，应首先分清是局部还是整体过热，确定故障范围，参考故障1～6条的解决办法，分别排除故障后，温升过高的问题便会随之解决。

8）电动机起动时熔断熔丝　这是由于电源线有短路、电动机绕组有短路或有接地现象所引起的。参照第二章第三节介绍的方法，予以排除。

9）电动机外壳带电　这种故障可分为四种类型：

① 感应电　单相电动机的定子及其外壳感应的电位比较高，一般在几伏至十几伏不等，有的更高。用测电笔测时微微发亮，用手浮于机壳表面触摸，有轻微的"毛刺"感。使用单相电动机的设备、器具都有接地线，出现上述情况时，应检查风扇扇体接地线是否可靠接地。

② 漏电　电动机长期过热或受潮均会使绝缘程度下降而漏电。对于因过热引起绝缘下降而漏电的应作浸漆处理，以提高绝缘性能。对于因受潮或溺水而漏电的电动机，应作排水和干燥处理，然后作浸漆处理。

③ 绕组碰壳　绕组碰壳时将单相交流电直接引向机壳，这种情况非常危险。出现这种故障，最好是按第二章的办法，找到通地点，垫好绝缘物以彻底解决。在无法找到通地点时，可采用下面的应急办法：拆开扇体接地线，调换电源插头的相线（即火线）和地线位置，用万用表测量调换前后的两次壳对地电压。这时会出现两种情况：一种是两次电压，一次大、一次小；另一种是两次电压相差不大，均在110伏上下。在实践中，对于第一种情况比较常见（有时感应电也是这样），一般两次所测电压分别在180～220伏与10～40伏之间，这种情况只要将插头接线颠倒，使壳体对地电压最低即可。别忘记要将接地线接牢，并将插头与插

座相对的位置作上标记，以免发生插头插反而引起触电事故，待以后再彻底更换绕组。对于第二种情况，修理中比较少见，因电压太高不能采取上述应急措施。出现这种情况时，熔断器已将线路断开。

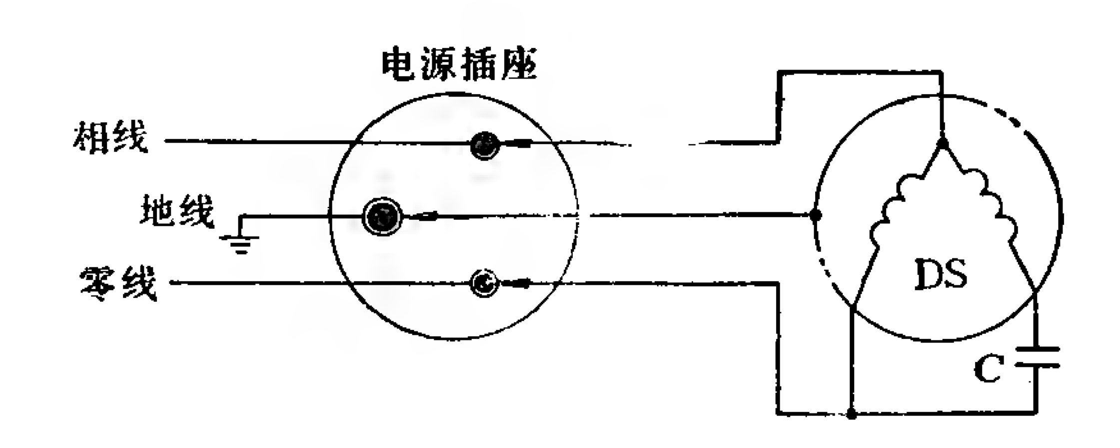


图3-20　电源插座的正确接线

④ 插座(或插头）接线搞错　最危险的是因插头接线错误所引起的整个风扇带电。风扇电动机的电源线一般为三芯，分别为相线（即火线)、零线和接地线。正确的接法应为图3-20所示。插座除了接好相线和零线外，还应另接接地线，以保证风扇牢靠接地。但是，现在的住房中往往缺少接地线，便出现了图3-21的错误接法。这种接法很不安全，一旦零线开路时，便会通过“接地触头”将220伏电压加到风扇体上，引起触电事故，十分危险，不可采用。

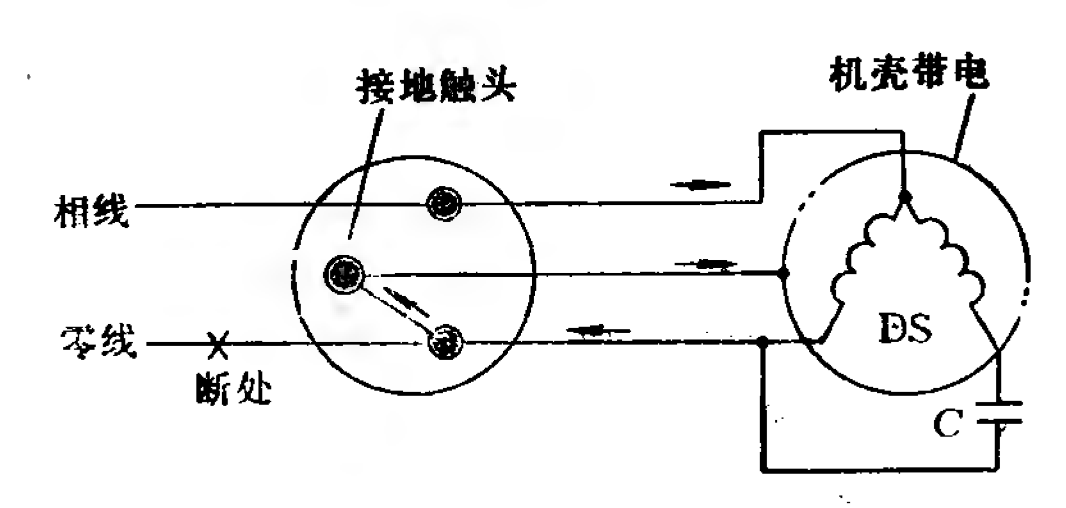


图3-21　中线代替接地线的错误接法

在无法加接接地线时，也有改用进户线重复接地的，即暂时从电表盘上的进线零线处重复接一保护“零”线（替代接地线），引至插座处，如图3-22所示。可避免机壳带电。但要注意，若遇线路维修中改将进户线的相线与零线换位时，则机壳便带电，十分危险；所以要即时检查换接，以保安全。这种方法并非良策，

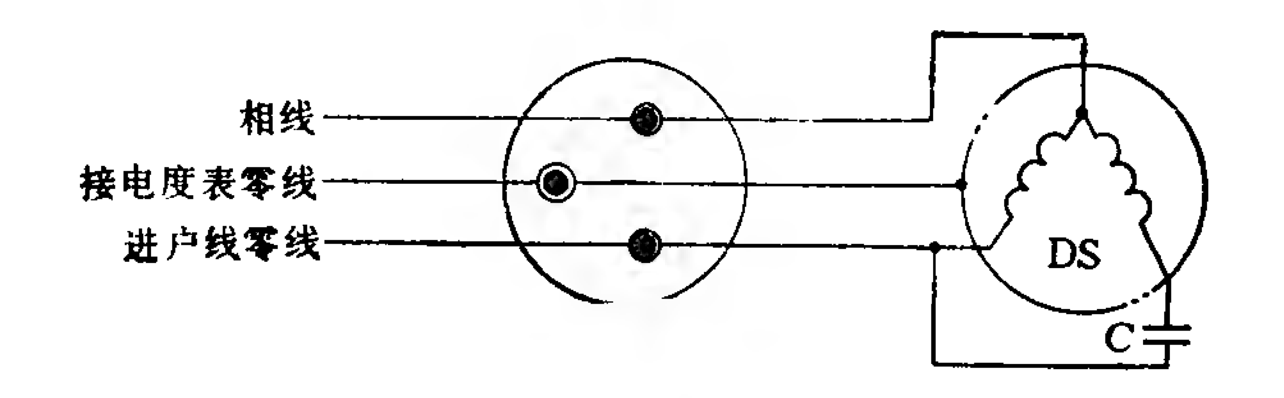


图3-22　保护零线的接法

最好不用。

10）机内冒烟　当前面所述的故障发展到严重状态，而熔断器又未起保护作用时，电动机绕组将过电流发热、冒烟直至烧毁。故在发现机内冒烟时，应迅速切断电源，以免损失扩大。导致冒烟的原因是：

① 定子绕组匝间、层间或组间绝缘击穿、短路；

② 主、辅绕组间绝缘损坏、短路；

③ 绕组接地；

④ 绕组严重受潮或浸水等。

前三种情况须更换绕组，第四种情况应参考第二章第四节中溺水电动机的绝缘处理办法进行排水与干燥处理。

11）故障频繁　一般情况下，家用风扇电动机不易出故障，比较耐用，出现一次两次故障也属正常现象。若是一个夏季送修数次那就不是正常现象了。原因不外乎：一是产品质量过劣，修理中遇到的较少；二是使用保管不当，比较常见。使用保管应注意：

① 注意加油润滑。每年使用风扇前，将电动机油孔内注入轻质润滑油或缝纫机油，使用 500 小时左右重复加一次，每年收藏前加油一次，两年清洗保养一次电动机。

② 注意防尘、防潮、防水、防油、防腐蚀性气体，以免绝缘下降漏电，传动呆滞。

③ 防磕碰、变形、漏电。

④ 合理使用，注意电动机温升，发现异常及时检修。

4．电子安全防护装置

我们已知道，电动机壳体带电会发生人身触电事故，而电动机拖动的扇叶，旋转时同样会给人造成损伤。为了防止发生人身危害，有的风扇出产时已具备安全装置。这里介绍一种电子安全防护系统，它既可通过电动机的直流能耗制动制止扇叶转动，又可在1秒钟后切断电源防止触电。

图3-23a是电子防护电路的触及传感电路部分。当带电位人体（如手）触及风扇时，正半波交流信号通过高电阻 R_1 加在三极管 Tr 的基极上，使 Tr_1 导通，于是，有负荷电流流过 R_2，并在电阻 R_2 上形成1伏左右的输出电压 V_{R2}，其波形如图3-23b所示。

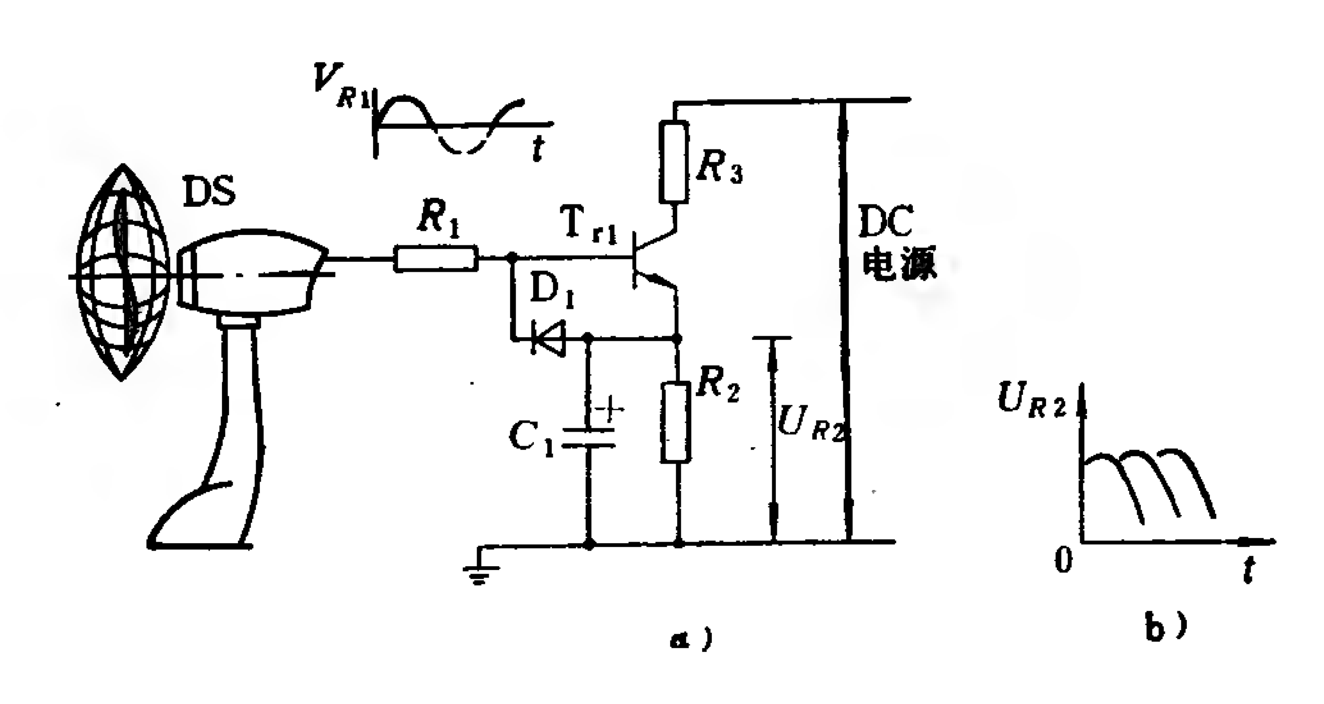


图3-23　电子触及传感电路

图3-24是电子防护电路的系统图。由传感器检测的信号电压 V_{R2} 加给单稳电路的三极管 Tr_3 的基极，Tr_3 导通，继电器 Z_{c1} 得电

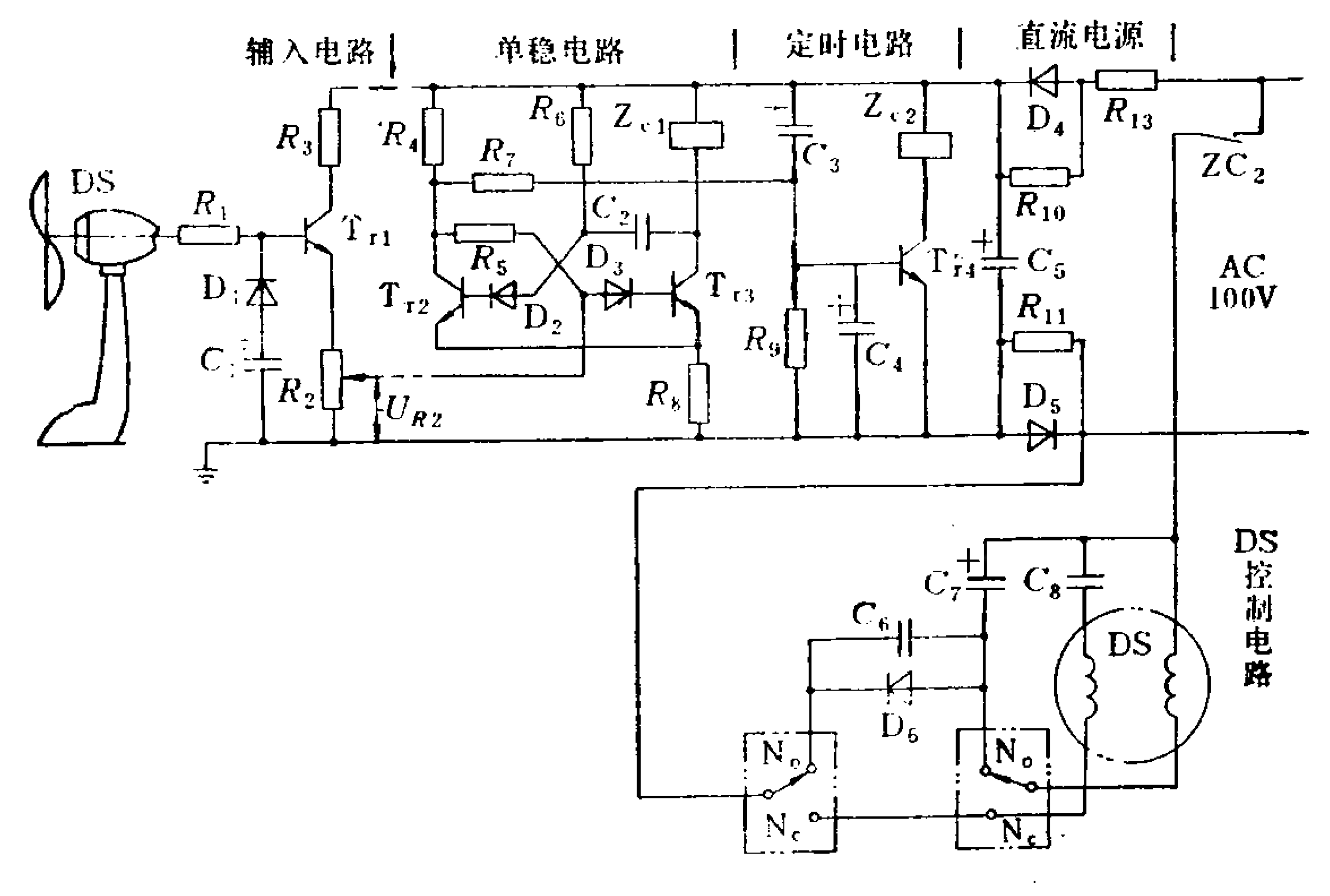


图3-24　电子防护系统图

吸合，其触点位于N_o处。电动机工作绕组通以直流电进行能耗制动。同时由于Tr_2截止，流经电阻R_4、R_7的电流对C_4充电。约1秒钟后，C_4的电压完全使Tr_4导通，继电器Z_{c2}得电吸合，切断电源，电动机失电，人身得到保护。

当人体离开触摸点约4秒钟后（时间由C_2、C_4数值确定），单稳态多谐振荡器恢复，继电器Z_{c1}复位，电动机控制电路于N_c处。同时，由于单稳态多谐振荡器Tr_2导通，C_4的电荷通过R_9与R_7、R_8放电。经1秒钟后Tr_4重新截止，Z_{c2}失电，交流电路恢复闭合，电动机两相绕组得电，进入正常运转状态。

下面再介绍一种利用电子电路和人体感应原理来控制风扇电动机的感应自停电子保护电路，图3-25是这个电路的电气原理图。

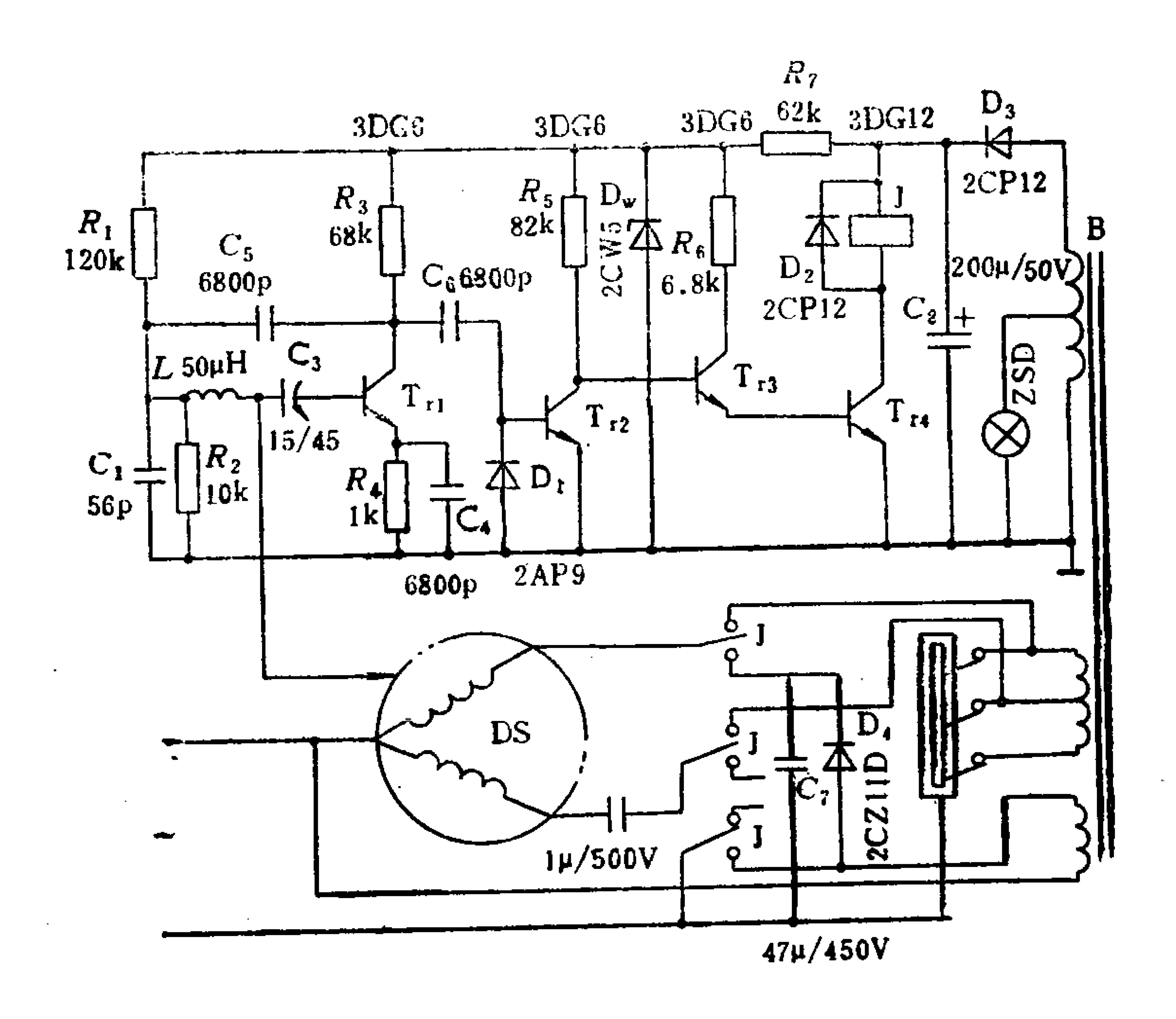


图3-25　电子感应自停电路图

该电路由振荡电路、放大电路、继电器和制动电路等几部分组成。工作原理大致如下：

接触传感电路为三点式振荡电路，当人体靠近扇罩时，振荡管Tr_1的输出反馈到基极的信号经人体旁路入地，这样，便破坏了振荡电路的振荡条件，Tr_2C极电位升高，Tr_3、Tr_4导通，促使继电器J吸合，切断风扇电动机的交流电源；同时，输入直流进行能耗制动，使其停转，起到安全保护作用。

几种风扇电动机的技术数据分别列于表3-6、表3-7、表3-8及表3-9。

表3-6　几种台扇电动机技术数据

数据名称 \ 规格(毫米) \ 牌号	五羊			钻石				华生			宝石花
	400	350	300	400	350	300	200	400	350	300	300
各档转速功率(瓦)				60:50; 40;35;	50:40; 30;26;	45;35; 32;	28;18;				42;34; 30;
气　隙　(毫米)	0.35			0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35		0.35
定子槽数	16			16	16	16	2	8	8		16
转子槽数	22			22	22	22	15	17	17		22
主绕组线径(毫米)	0.21	0.19	0.17	0.23	0.21	0.17	0.17	0.23	0.23	0.17	0.17
主绕组匝数	540	750	800	570	720	800	1270	530	560	634	800
主绕组线圈数	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
辅助绕组线径(毫米)	0.19	0.17	0.15	0.19	0.17	0.15	短路铜环 1×5	0.17	0.17	0.19	0.15
辅助绕组匝数	350+350	480+480	600+400	720	930	1000	2	890	790	620	1000
辅助绕组线圈数	4	4	4	4	4	4	2	4	4	4	4
槽绝缘等级	E	E	E	A	A	A	A	A	A	A	A
轴承直径　(毫米)	8	8	8	8	8	8	6	7.8	7.8	8	[illegible]
调速方法	抽头	抽头	抽头	电抗器	电抗器	抽头	电抗器	电抗器	电抗器		抽头
电容器容量(微法)	1.2	1.2	1.0	1.2	1.0	1.0		1.2	1.2	1.5	1.0

（续）

数据名称 \ 规格(毫米) \ 牌号	友谊	航海	金碟	飞鹿	金鹿	春蕾	海鸥	天[illegible]
	350	300	300	400	400	350	300	300
各档转速功率(瓦)		40;20;			55;50; 45;40;	50;42;36	46;35;30	
气　　隙　(毫米)	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.38	0.3
定子槽数	16	16	16	16	16	16	16	16
转子槽数	22	22	22	22	22	22	22	22
主绕组线径(毫米)	0.21	0.15	0.17	0.23	0.23	0.17	0.17	0.19
主绕组匝数	720	840	800	570	570	750	800×4	800
主绕组线圈数	4	4	4	4	4	4	4	4
辅助绕组线径(毫米)	0.17	0.15	0.15	0.19	0.19	0.15	0.15	0.15
辅助绕组匝数	930	900	1000	720	720	600+500	1000	960
辅助绕组线圈数	4	4	4	4	4	4	4	4
槽绝缘等级	E	E	A	E	A	A	A	A
轴承直径(毫米)	8	滚珠 18° 8×22×7	8	8	8	9.5	7.8	8
调速方法	电抗器	抽头	抽头	电抗器	电抗器	抽头	抽头	抽头
电容器容量(微法)							1.2	

表3-7 常用风扇电动机技术数据

规格 (毫米)	频率 (赫)	电压 (伏)	主绕组		辅助绕组		电容器规格		铁心长度 (毫米)	绕组木架尺寸
			线径 (毫米)	每绕组匝数	线径 (毫米)	每绕组匝数	容量 (微法)	交流工作电压(伏)		
QB250	60	110	0.25	450	0.17	780	2	250	20	47; R3; 34; 4.5
	60	110/120	0.25	467	0.17	760	2	250	20	
	50	110	0.25	455	0.19	710	2.5	250	20	
	50	190/200	0.19	825	0.17	980	1.2	400	20	
	50	220	0.17	935	0.15	1020	1	500	20	
	50	230	0.19	850	0.17	900	1	500	20	
	50	110/220	0.17	935	0.15	1020	1	500	20	
QB300	60	110	0.315	295	0.21	640	2	400	26	35; R3.5; 34; 4.5
	60	110/120	0.315	305	0.21	640	2	400	26	
	50	110	0.315	295	0.21	640	2	400	26	
	50	190/200	0.17	634	0.19	620	2	400	26	
	50	220	0.17	634	0.19	620	1.5	400	26	
	50	230	0.21	680	0.17	840	1.2	400	26	
	50	110/220	0.17	634	0.19	620	1.5	400	26	
QB350	60	110	0.27	258	0.23	465	3	250	32	41; R3; 34; 4.5
	60	110/120	0.27	275	0.23	465	3	250	32	
	50	110	0.315	280	0.23	560	3	250	32	
	50	190/200	0.25	490	0.19	700	1.5	400	32	
	50	220	0.23	560	0.19	790	1.2	400	32	
	50	230	0.23	600	0.19	810	1.2	400	32	
	50	110/220	0.23	560	0.19	790	1.2	400	32	

QB400	60	110	0.345	232	0.25	415	3.5	250	32	47, 34, R3, 4.5
	60	110/120	0.345	230	0.25	410	3.5	250	32	
	50	110	0.345	243	0.23	479	3.5	250	32	
	50	190/200	0.25	475	0.19	790	1.5	400	32	
	50	220	0.23	530	0.17	890	1.2	400	32	
	50	230	0.23	560	0.19	850	1.2	400	32	
	50	110/220	0.23	530	0.17	890	1.2	.00	32	
BW200	60	110	0.315	470					32	42, 30, R2, 5
	50	110	0.19	1050（并联）					32	
	50	190/200	0.21	930					32	
	50	220	0.19	1050					32	
	50	230	0.19	1100					32	
BY150	50	110/220	0.15	1500（并/串）					25	34, 30, R2, 7
BQ300	50	110	0.27	510（并联）					32	40, 27, R2.5, 6
	50	220	0.27	510	无指示灯	简易式			32	
	50	220	0.27	490	有指示灯				32	
BQ400	50	110	0.41	450（并联）					32	40, 31, R3, 10
	50	220	0.41	450	无指示灯	简易式			32	
	50	220	0.41	420	有指示灯				32	

（续）

规格（毫米）	频率（赫）	电压（伏）	主绕组		辅助绕组		电容器规格		铁心长度（毫米）	绕组木架尺寸
			线径（毫米）	每绕组匝数	线径（毫米）	每绕组匝数	容量（微法）	交流工作电压（伏）		
DQ350	50	190/200	0.21	660	0.15	990	1.2	400	34	46, R3, 32, 5.5
	50	230	0.19	685	0.15	976	1	500	34	
DQ400	50	190/200	0.23	510	0.17	856	1.2	400	34	46, R3, 32, 5.5
	50	220	0.32	555	0.15	955	1	500	34	
	50	230	0.21	630	0.19	780	1.2	400	34	
BD900	60	110/120	0.38	536（并联）					30	44, 30, 23, 20
	50	110	0.38	550（并联）					30	
	50	190/200	0.41	490					30	
	50	220	0.38	550					30	
	50	230	0.38	575					30	
$DD_2$1200	50	190/200	0.29	220	0.25	300	2.4	400	25	43, 34, 21.5, 11
	50	220	0.27	280	0.25	328	2	400	25	
	50	110	0.41	120	0.27	290	3.5		25	
$DD_2$1400	50	110	0.41	120	0.27	290	3.5	250	25	
	50	190/200	0.29	229	0.25	325	2.4	400	25	
	50	220	0.27	280	0.25	328	2.4	400	25	
	50	230	0.27	268	0.23	345	2	400	25	

表3-8　几种吊扇电动机技术数据

产品型号规格及名称	电压(伏)	主绕组 线径(毫米)	主绕组 匝数	辅助绕组 线径(毫米)	辅助绕组 匝数	绕组只数 主绕组	绕组只数 辅绕组	电容器规格(微法)	铁心长度(毫米)
JA型56″(1400mm)吊扇	220	0.55	240			12			
	110								
AC型56″(1400mm)吊扇	220	0.55	240			12			
	110								
CC型56″(1400mm)吊扇	220	0.29	250	0.315	210	18	18	4	32
	110								
1400mm西瓜式电容吊扇	220	0.31	220	0.254	310	18	18	2	32
	110	0.44	110	0.254	310	18	18	3	32
1400mm电容吊扇	220	0.315	220	0.254	310	18	[illegible]	2	32
	110	0.440	110	0.254	310	18	18	3	32

表3-9　几种300毫米风扇电动机数据比较

牌号	定子槽数	转子槽数	主绕组 线径(毫米)	主绕组 匝数	辅助绕组 线径(毫米)	辅助绕组 匝数	调速方式	电容量(微法)	转子轴直径(毫米)
华生	8	17	ϕ0.17	4×634	ϕ0.19	4×620	电抗器	1.5	7.8
钻石	16	22	ϕ0.17	4×800	ϕ0.15	4×1000	抽头	1	8
五羊	16	22	ϕ0.17	4×800	ϕ0.15	4×1000	抽头	1	8
长城	16	22	ϕ0.21	4×710	ϕ0.17	4×935	电抗器	1	8
蝙蝠	12	17	ϕ0.16	4×830	ϕ0.14	4×720	抽头	1	8
冬梅	[illegible]	17	ϕ0.17	4×634	ϕ0.19	4×620	电抗器	1.5	7.8
蝴蝶	8	17	ϕ0.19	4×620	ϕ0.17	4×700	电抗器	1.5	7.8

（续）

牌号	定子槽数	转子槽数	主绕组		辅助绕组		调速方式	电容量（微法）	转子轴直径（毫米）
			线径（毫米）	匝数	线径（毫米）	匝数			
金鹿	8	17	φ0.17	4×634	φ0.19	4×620	电抗器	1.5	7.8
金龙	16	22	φ0.17	4×800	φ0.15	4×1000	抽头	1	9.5
环角	16	22	φ0.15	4×800	φ0.15	4×1150	抽头	1	8
牡丹	8	17	φ0.25	4×476	φ0.19	4×790	电抗器	1	7.8
金羚	16	22	φ0.19	4×700	φ0.17	4×900	抽头	1.2	8
天府	8	17	φ0.17	4×634	φ0.19	4×620	电抗器	1.5	8
红梅	8	17	φ0.17	4×634	φ0.19	4×620	电抗器	1.5	7.8
太湖	8	17	φ0.17	4×634	φ0.19	4×620	电抗器	1.5	7.8
靖江	8	17	φ0.17	4×634	φ0.19	4×620	电抗器	1.5	7.8
宝石花	16	22	φ0.17	4×800	φ0.15	4×1000	抽头	1	9.5
海鸥	16	22	φ0.17	4×800	φ0.15	4×1000	抽头	1.2	7.8
天鹅	16	22	φ0.19	4×800	φ0.15	4×960	抽头	1.2	8
航海	16	22	φ0.17	4×800	φ0.15	4×1000	抽头	1.2	8

四、电影放映机电动机

1．电影放映机电动机的类型

电影放映机电动机是放映机的动力源，按照放映机的不同规格设计出不同规格、不同功率的8.75毫米放映机用电动机、16毫米放映机用电动机及35毫米放映机用电动机。按照运行方式，电影放映机电动机分为电容运转电动机和双值电容电动机（即电容起动和运转电动机）两类。

8.75毫米放映机用电动机是典型的电容运转型电动机，如

FL—8.75毫米放映机用电动机。而16毫米、35毫米放映机用电动机则是典型的双值电容电动机，如：长江FL—16型放映机用电动机，起动电容为8微法，运转电容为2微法，红旗F16—71型放映机用电动机，起动电容为4微法，而运转电容为2微法；长江FL—35型放映机用电动机，起动时辅助绕组串6微法电容器，工作时则只串3微法电容器；甘光FL—35型放映机用电动机，起动电容量为8微法，运转时电容量为4微法。

2. FL—8.75毫米电影放映机用电动机的结构特点、技术数据及其修理办法

（1）FL—8.75毫米放映机用电动机结构特点及有关技术参数　图3-26所示为FL—8.75毫米Ⅱ型放映机用电动机外部结构图。

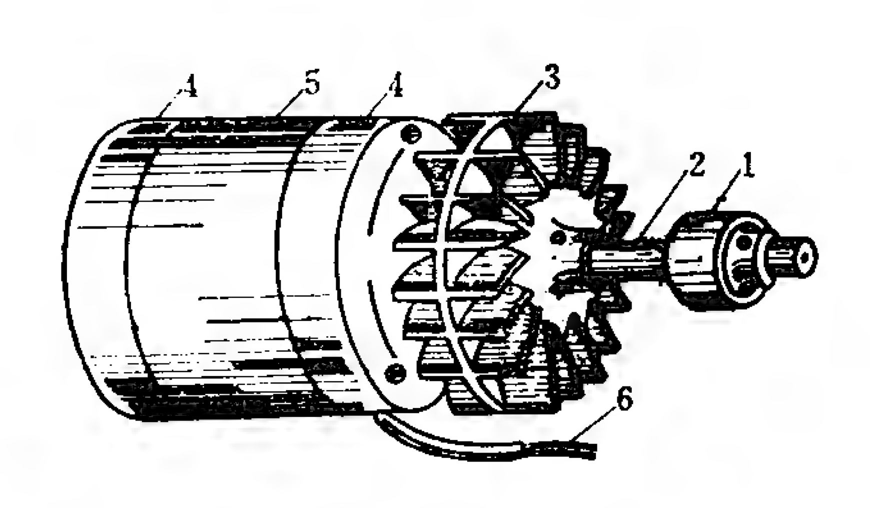


图3-26　8.75Ⅱ型放映机用电动机
1—传动皮带轮　2—转子轴　3—冷却风扇
4—两端盖　5—定子　6—定子引出线

8.75毫米放映机用电动机的原理如图3-27所示。图a所示为I型放映机用电动机接线图，工作电压36伏，辅助绕组串联一只50微法/63伏起动电容器（CZJ10—2—63—50—1）；图b所示为Ⅱ型放映机用电动机接线图，其工作电压为220伏，辅助绕组中串联一只或两只1微法/630伏起动电容器（CZJD—2）。

8.75毫米放映机用电动机的主要技术数据如表3-10所列。

（2）FL—8.75毫米放映机用电动机的常见故障及其修理方法

1）电动机的日常维护：

① 开机前检查电源电压和频率是否符合电机的要求。

② 放映机的传动部分润滑是否良好，每200小时更换轴承

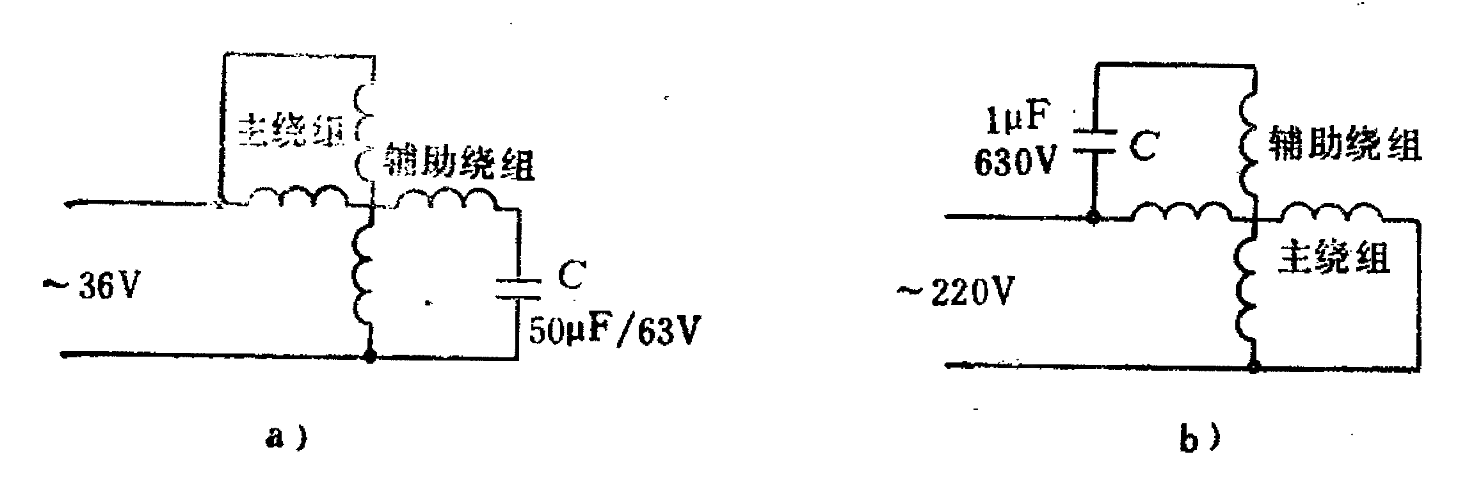


图3-27　8.75毫米放映机用电动机接线图

表3-10　Ⅰ.Ⅱ型8.75毫米放映机用电动机主要技术数据

项　　　目	Ⅰ　型	Ⅱ　型
工作电压(伏)	36	220
功率(瓦)	15	>15
额定转速（转/分）	2720—2800	2820—2880
绕组抽头方法	接线板	直接抽线
旋转方向(由风扇一端看)	顺时针	反时针
绕组对机壳电阻(兆欧)	75	>100
主绕组直流电阻(欧)	7	275
辅助绕组直流电阻(欧)	7	620
分相电容器	50μF/63V CZJ10-2-63-50-1	1μF/630V CZJD-2
转子轴承	D18(B型)含油轴承 φ8×φ12×10(A型)	D26

的201润滑酯，应无卡死现象；若遇转速减慢时，立即停机检查。

③　避免电动机绕组受潮

④　在拆装电动机时，应注意磁屏蔽问题，找到合适位置固紧，以消除感应交流声。方法是：打开扩音机，将音量旋钮旋至三分之二位置，开动电动机和点亮灯泡，用手慢慢转动电动机，如

图3-28所示，直到耳听扬声器中交流声最小时为止。若在扬声器上并联一只毫伏表，则测得的磁感应电压不应大于150毫伏。

2）电动机常见故障及其处理办法

① 电动机通电后不转 检查电源是否开路。如导线、插头、开关等处接触是否良好，变压器熔丝是否熔断等。

检查电动机的公共引出线是否断线。

② 通电后，发出嗡嗡声不起动 用万用表欧姆档，分别检查电动机的两个绕组的直流电阻，如有一个绕组开路或阻值等于零时，就说明这个绕组内部已断线或短路了。处理办法参照第二章第三节所述办法进行。

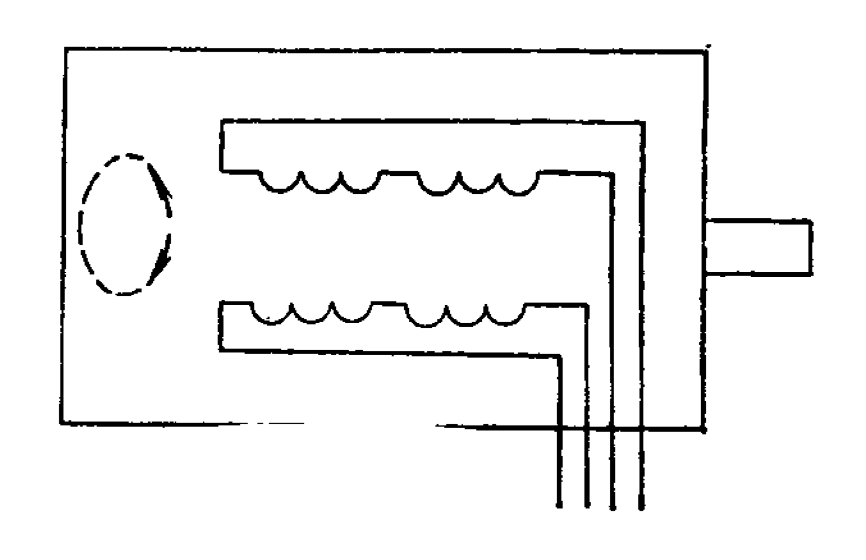


图3-28 F-8.75Ⅱ型放映机用电动机磁屏蔽调整示意图

检查运转电容器。若电容击穿，失去分相作用，电动机则不能起动。此时，可用手试转手轮或风叶，验证其是否能运转。用万用表检查，可用量程最大的电阻挡测其漏电电阻，如果量出电阻趋于或等于零，则表示击穿。更换一只新的即可。

检查传动部分是否卡死。若是拆装后的风扇位置装得不正确，或是导风罩的位置未装好，致使风扇与导风罩内壁相擦，电机受阻过大，也会卡死。这时用手转动试转手轮或试转旋钮，即能感觉出来，查出相擦点，予以排除。

由于FL—8.75放映机用电动机功率小，起动转矩较小，常用试转旋钮进行运转前试转，但在故障情况下，不宜试转时间过长，防止烧毁电动机的绕组。

③ 电动机发烫，放映机转速逐步减慢以至中途停动 这种情况大都因电动机输出功率过小，放映机机械部分安装过紧，阻力过大所致；也可能是分相电容器的电容量减小的原因。可以将放映机各个轴与轴承进行清洗和润滑，或更换一只新的电容器试一试。

如果电动机局部发烫，则可能是绕组有局部短路，此种情况，只有解体电动机，参照绕组局部短路的检查办法进行检查，或者更换绕组。

3. FL—35、解放103电影放映机电动机的结构特点、技术参数及其修理办法

(1) FL—35型放映机用电动机

1) FL—35放映机用电动机的结构特点及有关技术参数

图3-29为FL—35Ⅱ型放映机用电动机外部结构图。

FL—35Ⅱ型放映机用电动机定子内嵌4个绕组，通电时形成两对磁极，电机额定电压为110伏、50赫。电机前端盖上安装着风扇支架，其风扇装置较为复杂，拆卸时应当注意。

FL—35型放映机用电动机是双值电容电动机，如图3-30所

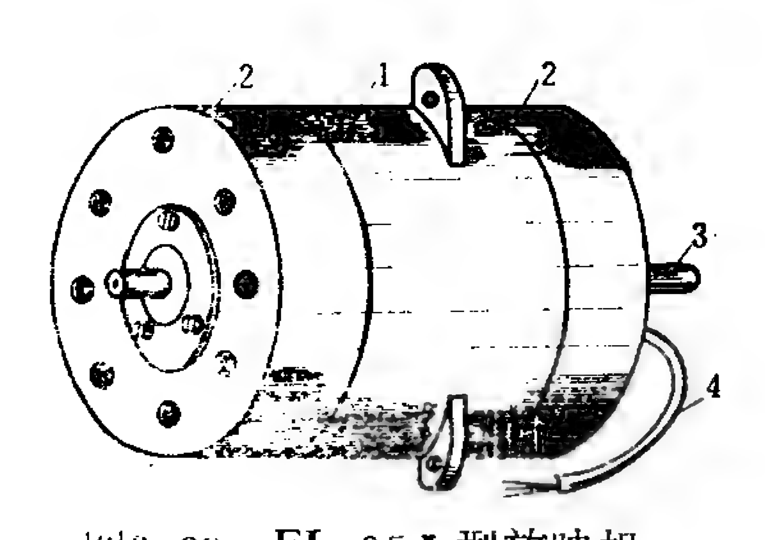


图3-29 FL-35Ⅱ型放映机用电动机

1—定子 2—两端盖 3—转子轴 4—引出线

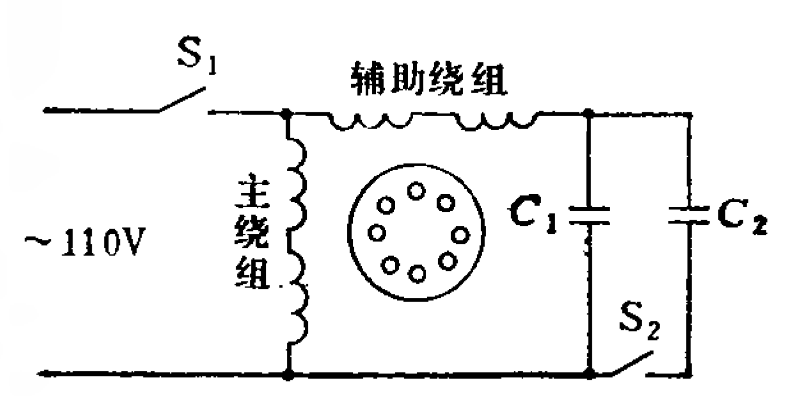


图3-30 FL-35Ⅱ型放映机用电动机接线原理图

示。电容C_1、C_2共8微法，起动时，由C_1、C_2两只CZJD—1型4微法、630伏铝壳纸介电容器并入电路中；运行时电路中留C_1一只4微法电容器。电动机输出功率为60瓦，转速为1440转/分。

电动机起动由机外转换开关转动不同位置S_1、S_2来控制。

2）FL—35放映机用电动机的常见故障及修理办法

① **电动机不转** 电动机通电后不转，而又无嗡嗡声。说明绕组中无电流通过，应检查电源是否开路，开关片接触是否良好，开关连接导线及电动机引线接头是否脱落，查出后予以排除。

② **电动机不转，但发出嗡嗡声** 这种故障应分两部分检查：一是查放映机传动部分，看是否有卡死，形成负荷过大转不起来，若天冷，润滑油凝固，可将机器置于温暖处，人工转动传动部分后，再起动；二是查电动机两个绕组是否有开路，开路时，无两相旋转磁场产生。另外，电容器损坏也会产生这种现象。

电容器损坏应急处理办法：如果被击穿的刚好是在"起动"位置时接入电路而在放映时从电路中断开的电容器C_2，那么，只要暂时把它拆掉就行了；如果被击穿短路的是C_1，则可将C_1拆除，将好电容器C_2换到C_1位置上。这样，起动电动机时，用人工方法协助转动一下即可。

③ **电动机倒转** 可能是主、辅绕组的线头接错，将电容器串联在主绕组中，形成电动机倒转。此时，按电动机线路图将线头重新接正确，即可排除。

④ **运行中有嗡嗡声** 这大都是因转子轴承磨损，轴承中有污垢、缺油或是风扇叶片与罩壳相碰所致。查出后，予以排除或调整。

（2）解放103放映机用电动机

1）解放103放映机用电动机的结构特点及有关技术参数。

解放103放映机用电动机的结构与FL—35放映机用的电动机

相比，不同之处是其起动开关为离心开关。解放 103 放映机用的电动机有新旧两种，图3-31 所示为改型后新配 103A 型放映机用的电动机。其离心开关的结构也有改进。

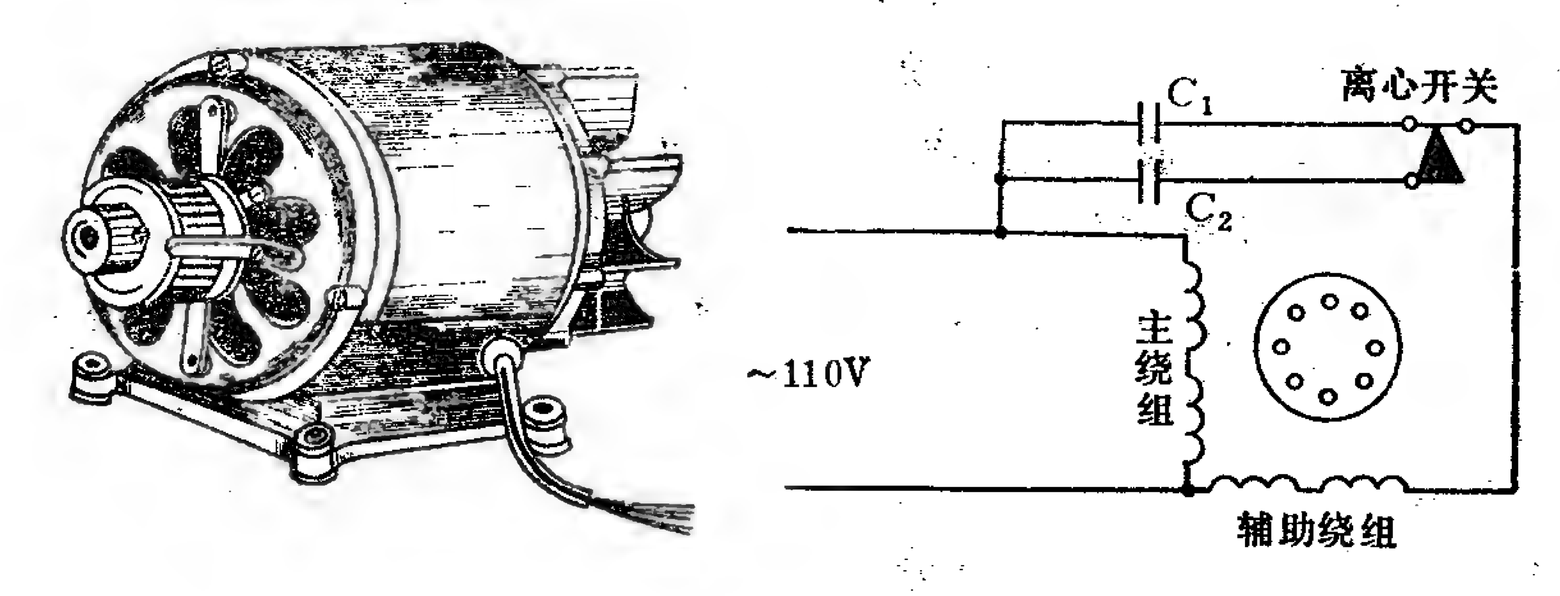


图3-31　解放103A型放映机用电动机

图3-32　解放103放映机用电动机接线原理图

以前生产的电机12槽，为电阻分相电动机，现已很少使用。现生产的电动机改为16槽，为电容起动、电容运转型。起动电容 C_2 为50微法，工作电容为10微法。图3-32是解放 103 放映机用电动机接线图。

现在使用的电动机有关技术数据如下：

电源电压 110伏、50赫；起动电流 6 安；负载电流 1.1安；消耗功率 121瓦；输出功率 60 瓦；转速 2880 转/分；温升（连续工作 4 小时）30℃；

运转绕组：匝数 500匝，线径 0.49毫米；直流电阻 13欧；

起动绕组：匝数 724匝，线径 0.41毫米，直流电阻 26欧；

转子轴承 滚珠轴承；磁极对数 1对。

2）解放103放映机用电动机常见故障及其修理办法

① 静止不动　查有无电源输入，如导线、插头等处接触是否不良或断线；查五股电源线，2、4脚是否接反。

② 不起动且有轻微的嗡嗡声　查端盖是否因安装不正，而

使轴与轴承卡死；查起动绕组或运转绕组是否短路。

③ 能起动，但转速低 这种情况可能是：起步开关被引线卡住；或转子前垫圈过薄，使白金触点断不开，应予调整；或运转绕组局部短路，应予排除；如果电源电压频率过低时，应改善电压频率；若在严寒季节使用，应考虑到润滑油的粘度是否过大，可用灯泡或其它热源加热传动部分后再起动。

④ 空转时正常，但带不动负载 查电源电压是否过低或绕组是否局部短路；

查是否因润滑不良，而造成机械阻力过大，负载加重；查机械部分配合是否过紧。

⑤ 放映灯泡亮时，电动机转速下降甚至停转 可能因电源功率不足，或电源导线过细，或接触电阻太大所致。

⑥ 机壳漏电 查绕组是否因受潮使绝缘程度降低；有时在焊接起动开关时，不慎使焊锡流到焊点下，与机壳相通造成短路，查出予以排除；查机壳引线处是否绝缘损坏，引线裸露触及机壳；

⑦ 温度过高、冒烟 可能是电源电压过高，使绕组电流过大，负载过重，温度升高；或绕组局部短路时间过长；或起动开关断不开，使起动绕组通电时间过长，起动时，因起动绕组断路，运转绕组长时间通过大电流，这将导致运转绕组过电流而冒烟；起动开关跳火，点燃白金触点处的油污也会冒烟。

⑧ 运转时有杂音 查滚珠轴承是否磨损过大、润滑不良；查电动机、风扇等是否安装调整不当；查转动部分是否碰触罩壳、端盖或定子绕组；如电动机通电后，扬声器发出强烈的杂音，这是由于电动机漏电或者因未与机壳相接，起不到屏蔽作用所致。

第四章　罩极电动机

一、罩极电动机的用途和结构特点

罩极电动机是单相交流电机中最简单的一种。这种电动机的起动转矩，功率因素和效率均比较低，图4-1是罩极电动机的机械特性曲线。虽然它的电气性能略差一点，但是它具有成本低廉、坚固可靠、运转时噪声极小，并对无线电不起干扰等优点，所以被广泛用于家用风扇、电唱机、电钟、干发器、冰箱风冷机、烤炉、幻灯机风扇、增湿器等电器以及电动模型之中，在我国小型鼓风机中也被广泛采用。

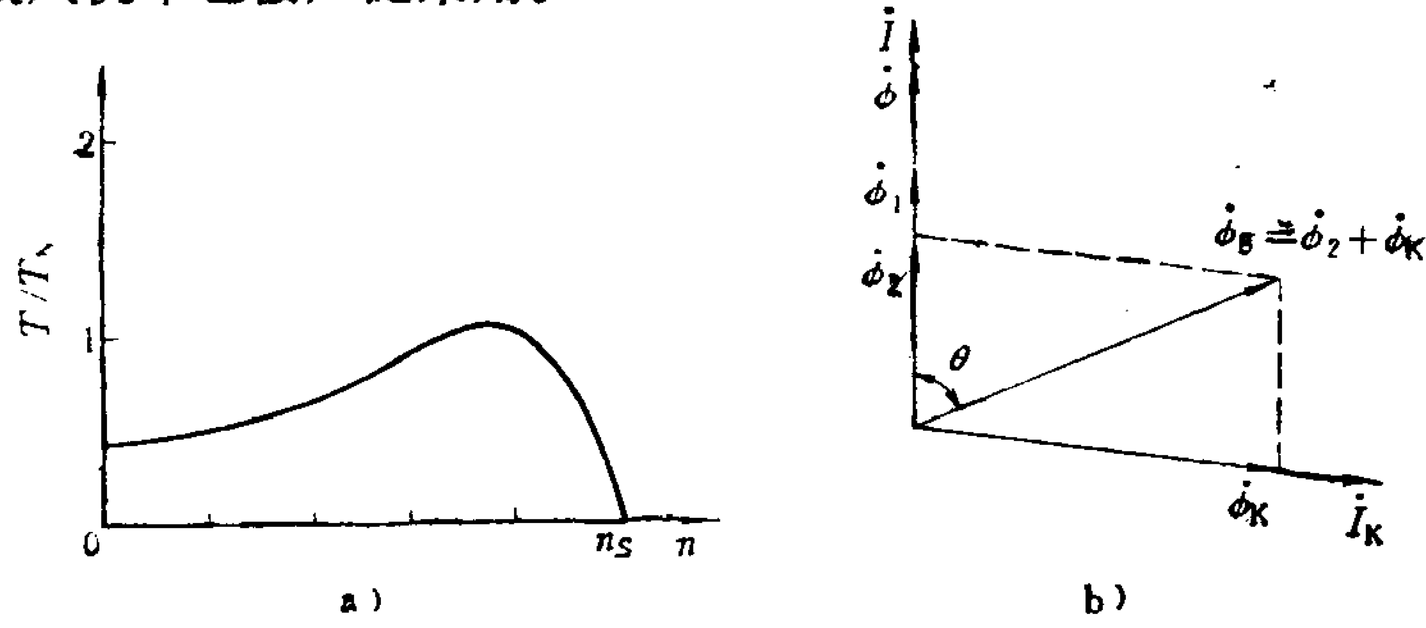


图4-1　罩极电动机的机械特性

a）罩极电动机机械特性曲线　b）罩极电动机相量图　$\frac{T}{T_N}$为输出转矩倍数

罩极电动机的主要结构部分与普通单相电动机相比，其定子铁心有两种：一种是不同于普通单相电动机，其定子铁心外形是一种方形或圆形的磁场框架，磁极凸出，称为凸极式；另一种同于普通单相电动机的铁心称为隐极式。

罩极电动机的凸极中间开一个小槽，用短路铜环罩住约1/3磁极面积，短路环起辅助绕组作用，而凸极磁极上集中绕组则起主绕组作用。

1. 凸极式罩极电动机

凸极式罩极电动机的定子型式有多种多样，如图4-2所示。图a中的磁极表面弧度大，两极尖接近，能够减少漏磁，改进电动机性能。图b中的定子一部分为磁极和漏磁片，另一部分是磁环。4个磁极和漏磁片组成，如图4-2b中1，在磁极上装好线圈和罩极圈后，再嵌入外环2中。图c是两极式定子，由1和2两部分组成，紧装在机座3内。图d是最常见的一种，只有一个线圈在绝缘框1上，框孔的铁心片2插入后，再嵌插入定子铁心3，由

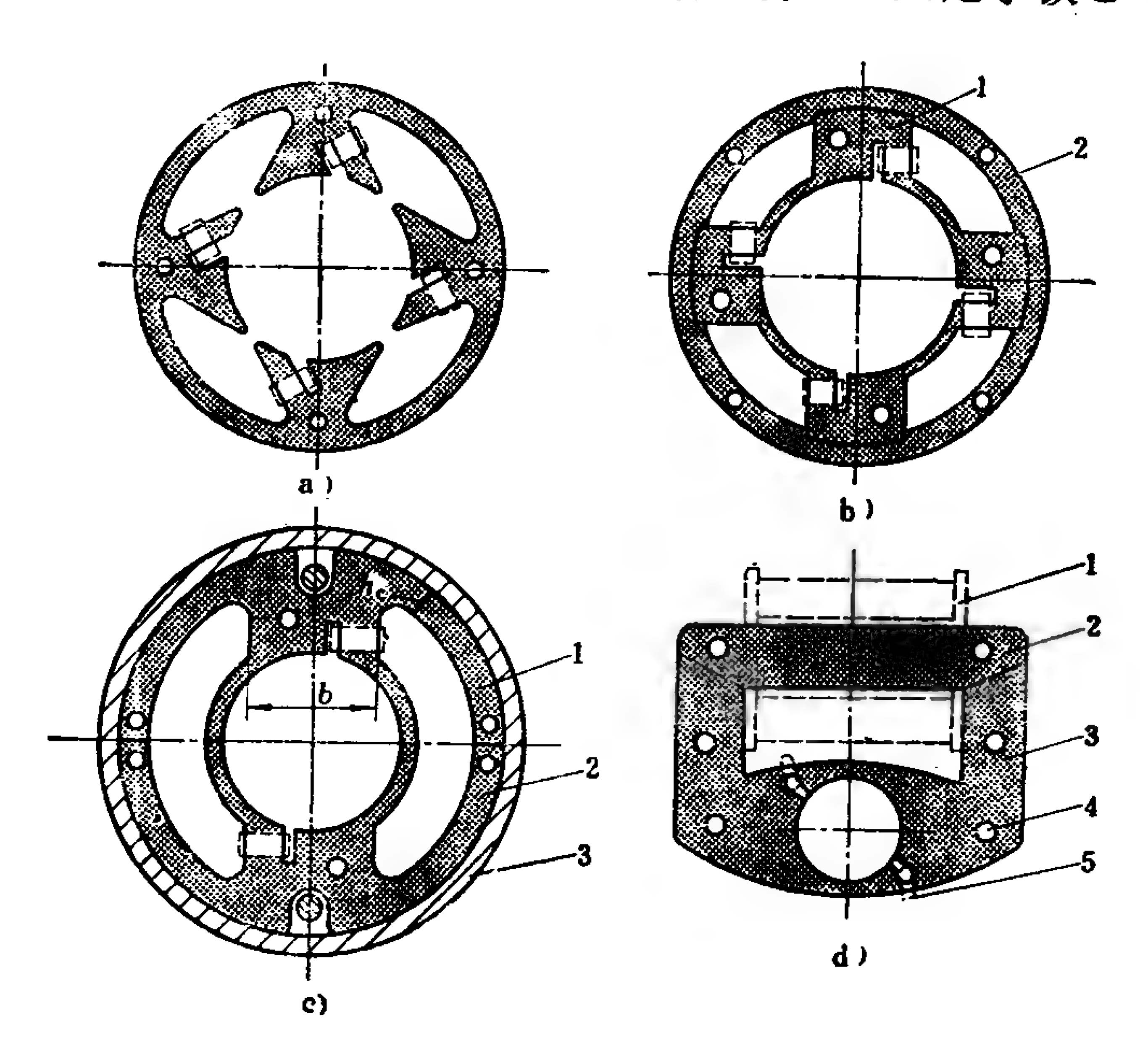


图4-2　罩极电动机定子的各种结构型式

螺栓孔 4 插入螺栓，把铁心固紧， 5 是罩极圈。

此外，在飞速发展的家用电器中，又设计出一种长方形定子铁心罩极电机，如图4-3所示，适用于位置很小的场合，并且适合改变磁极对数，改变线圈接法便可变速。

2. 隐极式罩极电动机

隐极式罩极电动机的特点是定子绕组采用分部绕组，如图4-4所示，主绕组分部于定子槽内，罩极绕组不用短路铜环，而是用较粗的绝缘导线绕成分部绕组嵌在槽中，起辅绕组的作用。罩极绕组的匝数较少，常用ϕ1.5毫米的绝缘导线制成2-8匝，分布绕组的槽数约为总槽数的1/3。主绕组与罩极绕组在空间相距一定的角度（约45°电角度），各自串联成独立的回路，罩极绕组串联后自行短路。

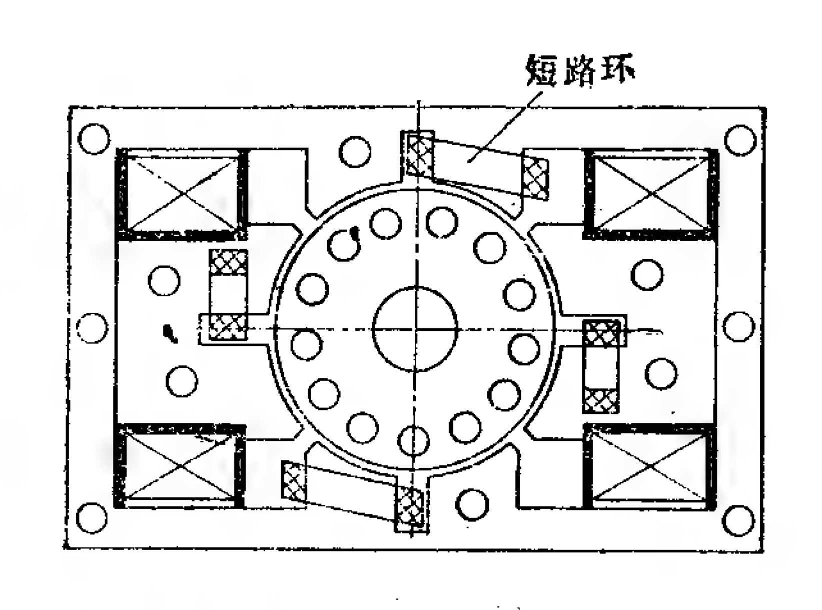


图4-3 长方型定子的罩极电动机

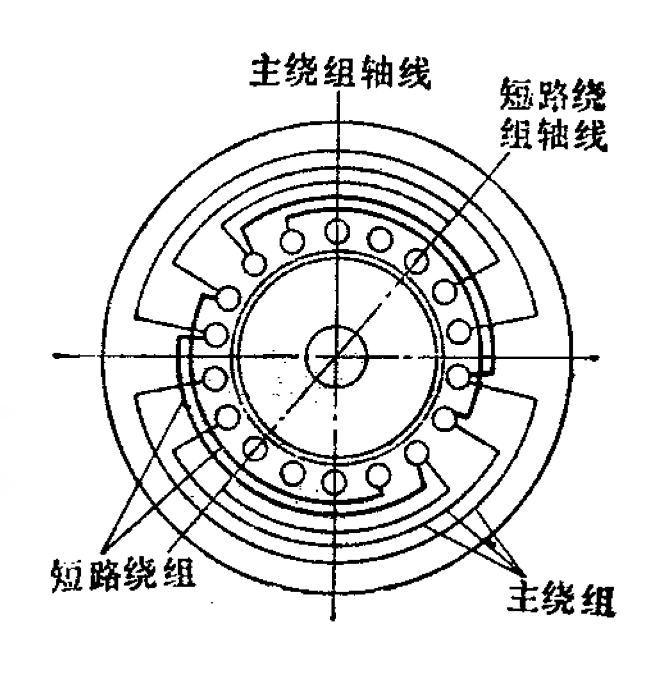


图4-4 隐极式罩极电动机

二、罩极电动机的工作原理

在罩极电动机中，当主绕组通以单相电流 i 之后，便产生磁通，如图4-5所示，其中一部分磁通 ϕ_1 穿过未罩的$\frac{2}{3}$极面；另一部分磁通ϕ_2穿过罩极部分的极面。当电流 i 变化时，磁通随之发

生变化。由于短路铜环切割磁力线的作用，磁通ϕ_2的变化将在短路铜环中感生电流I_K，产生磁通ϕ_K，磁通ϕ_K力图反对罩极部分磁通ϕ_2的变化。

例如，当ϕ_2增加时，ϕ_K与ϕ_2方向相反，阻止磁通ϕ_2增加；当ϕ_2减小时，ϕ_K与ϕ_2方向一致，阻止磁通ϕ_2减少。这样，罩极部分的总磁通ϕ_3便是ϕ_2与ϕ_K的合成值，为了简便，ϕ_2与ϕ_K在图4-5中未标出。

现在，具体分析图4-5中，当电流 i 变化时，整个磁极极面下磁场中心线的移动情况。

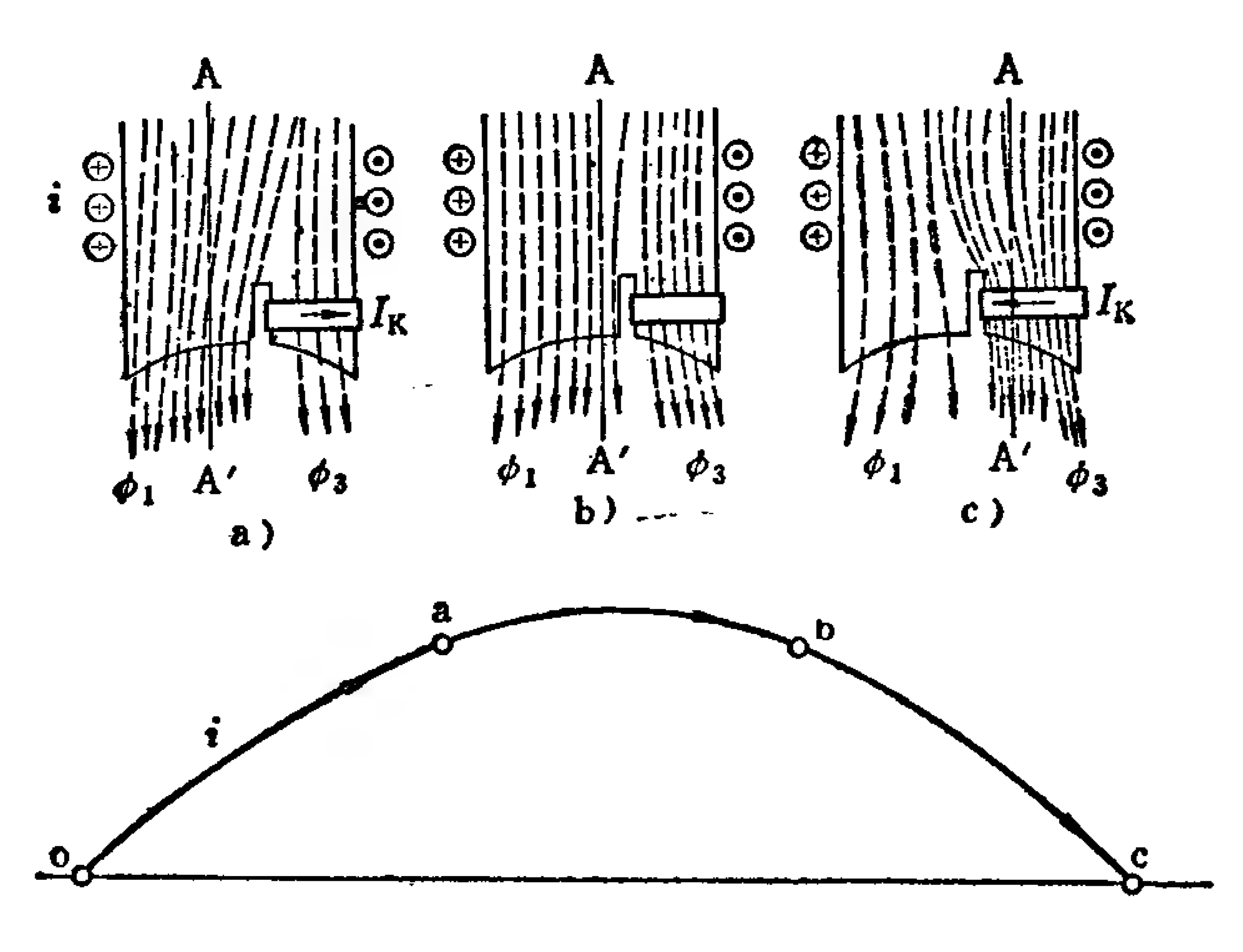


图4-5 罩极电动机的磁场移动

图 a 时：电流 i 从 0 上升到 a 点这段时间，磁极未罩部分磁通ϕ_1较大；同时由于电流 i 及其磁通上升较快，短路铜环感应电流I_K及其产生的磁通ϕ_K较大，方向与ϕ_2相反，阻止ϕ_2增加，因此，罩极部分的合成磁通ϕ_3较小，整个磁极的磁场中心线A—A′在磁极未罩部分。

图b时：电流由a点到b点这段时间，电流i和磁通变化较小，因此，短路铜环中感应电流I_K及其产生的磁通ϕ_K较小，几乎为零，而罩极部分磁通ϕ_3就是原来磁通ϕ_2，磁通在罩极面下均匀分布，磁场中心线A—A′接近整个磁极的中心线。

图c时：电流i从b点下降为零这一段时间，由于电流i减小，因此，未罩极部分磁通ϕ_1减小，同时，由于电流i与磁通变化快，短路铜环感应电流I_K及其产生的磁通ϕ_K较大，而且ϕ_K与ϕ同相（反对ϕ_2减小），使罩极部分总磁通ϕ_3增加，这样整个极下的磁场中心线A—A′移到罩极部分。

由以上分析可知，随着电流i的变化，磁场中心线A—A′从磁极未罩部分移向罩极部分，产生了一个移动的磁场。这种连续移动着的磁场，其作用和电阻、电容分相电动机旋转磁场的作用相似，也可以使转子获得起动转矩。起动转矩的方向和磁场移动方向一致，即罩极电动机的旋转是由磁极的未罩部分转向罩极部分的。

三、罩极电动机旋转方向的改变方法

1．普通罩极电动机

罩极电动机的转向是从主绕组轴线转向罩极绕组的轴线的，所以，如果要改变普通罩极电动机旋转方向，靠掉换主绕组线头是不行的。只有将电动机拆开，将定子或转子反向安装，图4-6a所示是沿顺时针方向旋转的电动机，而图4-6b只是将定子铁心反向安装，由于旋转方向是从主绕组轴线转向罩极圈轴线的，所以，电动机能沿反时针方向旋转。

2．可逆转罩极电动机

在隐极式罩极电动机中，可以实现逆转，即能正反转。这种可逆转电动机的定子槽中必需具有一套主绕组与两套罩极组，如

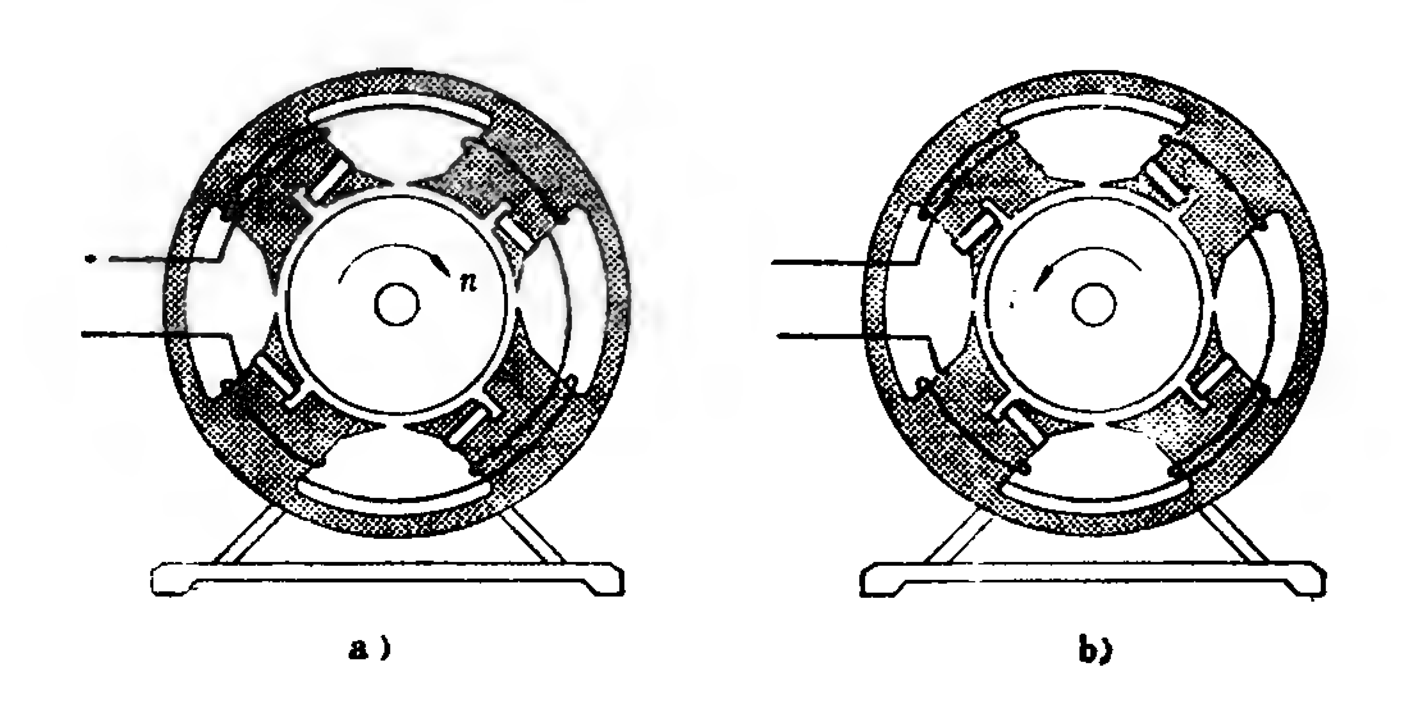


图4-6 罩极电动机的旋转方向

a）电机正向安装时的旋转方向 b）电机反向安装时的旋转方向

图4-7所示，其极数相同。当电机朝一个方向旋转时，只有一套罩极组起作用。

图4-8表示的是4极12槽可逆转罩极电动机的绕组实际接线图，一套主极绕组与两套罩极绕组分别各自串联，每组的极性与它左右相邻的极性相反。电动机向某一方向旋转时，一组罩极绕组的电路闭合，同时另一罩极绕组断电。改变转向只要通过开关S与A或B接通便可。

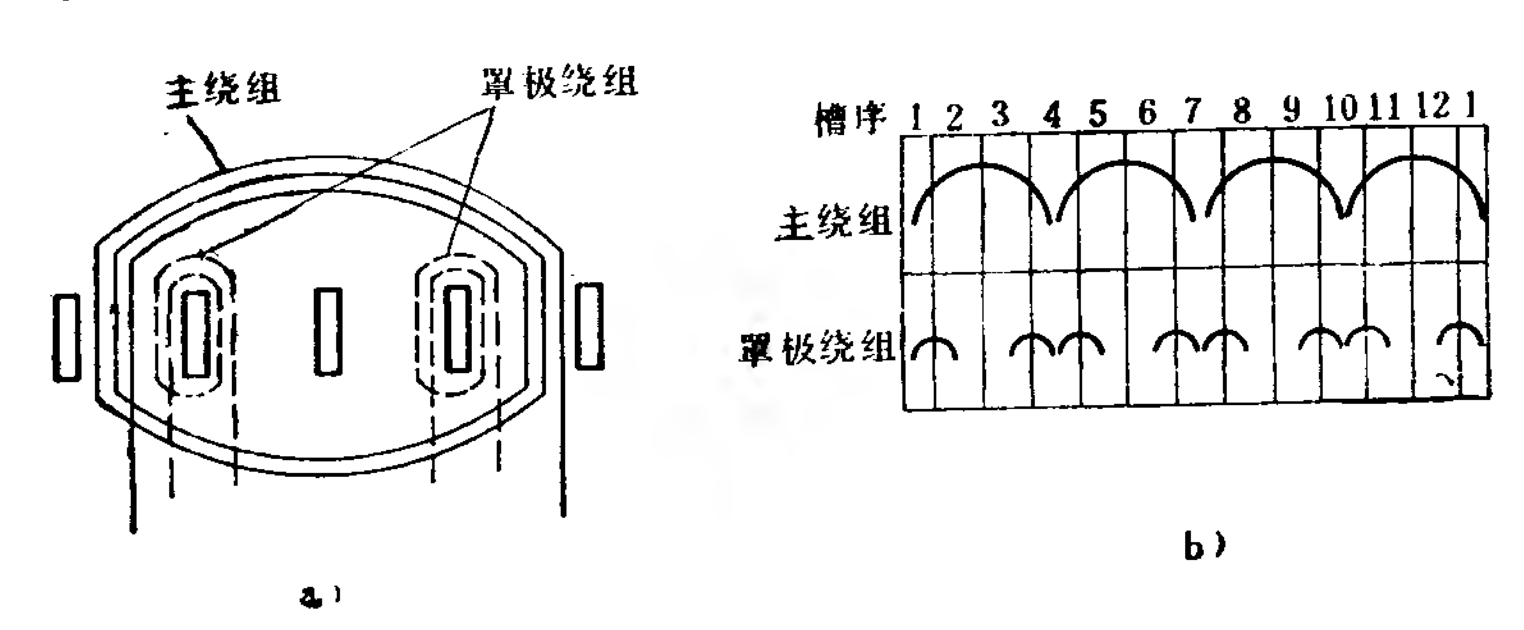


图4-7 可逆转电动机罩极圈的排列

a）双罩极情形 b）可逆转罩极电动机的线圈排列图

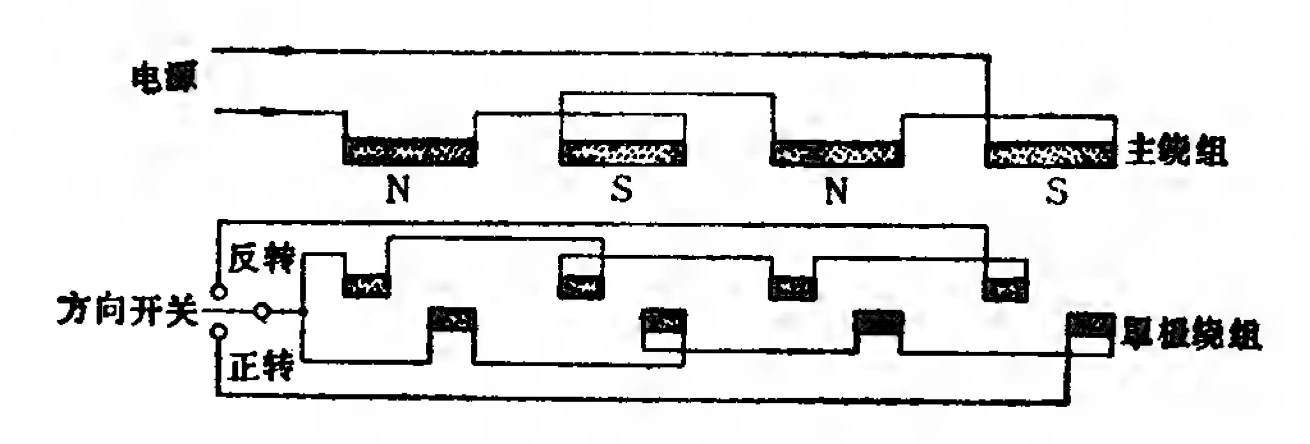


图4-8　4极12槽可逆转罩极电动机绕组的实际接线图

还有一种可逆转罩极电动机，它是用两组主绕组和一组罩极绕组，如图4-9所示，罩极绕组可以是线绕的，也可以是铜圈。沿顺时针方向旋转时，则给相应的主绕组A通电、绕组B断电；沿逆时针方向旋转时，则让主绕组B通电、绕组A断电。

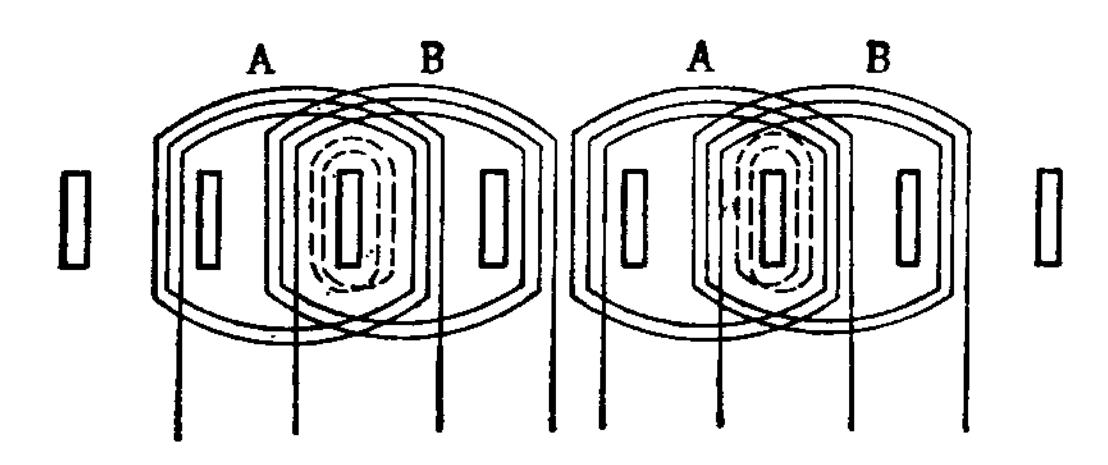


图4-9　双主极绕组可逆转电动机的配置

A—沿顺时针方向旋转时主绕组　B—沿反时针方向旋转时主绕组

图4-10是12槽4极有两组主极可逆转罩极电动机绕组排列图。

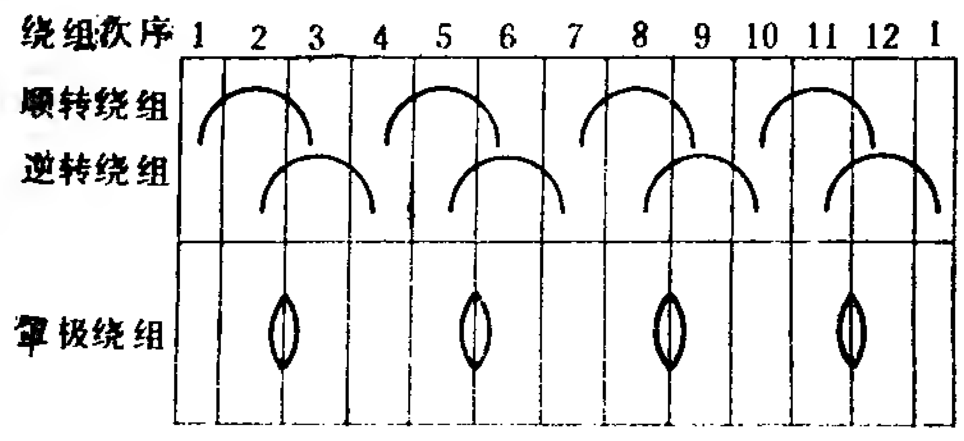


图4-10　双主极12槽4极可逆转罩极电动机绕组排列方式

四、罩极电动机磁极线圈的计算

显极式罩极电动机线圈在失去原始数据情况下、或需改压时，可进行估算。

1．罩极电动机改压计算

根据现有电源电压，改变某台罩极电动机现有线圈数据时，首先记录好旧线圈的几何尺寸备用；再拆原线圈，记录匝数和线径，进行改绕计算。

（1）改绕后的匝数

$$w=\frac{U}{U'}w' \text{匝}$$

式中　w'、U' 分别为原来线圈的匝数和电压；w、U 分别为改绕后新线圈的匝数和电压。

（2）改绕后的导线直径

$$d=d'\sqrt{\frac{U'}{U}} \text{毫米}$$

式中　d' 为原线圈导线线径；

d 为新改绕线圈导线线径。

2．无原始数据的重绕计算

（1）功率估算

$$P_S=\frac{a_\delta D^2 L B_\delta A n}{5.5\times10^8} \text{伏安}$$

式中　D——定子内径（厘米）；

L——定子迭厚（厘米）；

B_δ——气隙磁密，台扇等小功率电动机取1500～3500高斯，吊扇等较大电动机取3500～5000高斯；

A——线负载，取60～130安/厘米；

n_1——同步转速（转/分）；

α_δ——极弧系数，取0.6～0.9。

（2）电动机电流

$$I=\frac{P_s}{K_E U_e}\text{安}$$

式中 K_E——压降系数，取K_E0.8～0.94；

U_e——电动机所选额定电压（伏）。

（3）有效磁通

$$\phi=\alpha_\delta \tau L B_\delta \text{马}$$

式中，τ 为极距。

（4）主绕组每极匝数

$$w_1=\frac{K_E U_e 10^8}{4.44 f\phi 2p}\text{匝}$$

式中 $2p$——极数；

f——电源频率（赫）。

（5）定子轭部磁密校验

$$B_C=\frac{\sigma\phi}{1.86 L h_C}\text{高斯}$$

式中 σ——磁极绕组漏磁系数，取$\sigma=1.1$～1.16；

h_C——轭部高度（厘米）。

B_C的计算结果不应超过8000～10000高斯，如超过允许值时，应降低B_δ数值，再算。

（6）磁极铁心磁密验算

$$B_n=\frac{\sigma\phi}{0.93 b L}\text{高斯}$$

式中，b 为凸极宽度（厘米）。

磁极铁心磁密B_n应小于8000～10000高斯，如超过允许值时，则降低B_δ重算。

（7）导线选择

导线截面积

$$S=\frac{I}{j}\text{毫米}^2$$

式中，j为导线电流密度，取3～5安/毫米²。

导线直径

$$d=1.13\sqrt{S}\text{毫米}$$

在确定标准线径前，应用计算出的线径试绕后校验一下，如太松或太紧时，均可增大或减小线径，予以调整。

磁轭高度h_c及磁极宽度b参考图4-2c。

五、罩极电动机的故障分析与修理

1．常见故障

由于罩极电动机的结构比较简单，修理比其它类型的单相电动机容易。

凸极式罩极电动机因短路环固定在凸极上，故障少，而隐极式的罩极电动机故障比较多，其常见故障如下：

（1）不起动，但转子转动灵活　出现这种情况时，用万用表先查电源，后查定子绕组，看是否开路；如正常，再查罩极圈，看其是否接触不良，或绕组已全部烧坏，须更换绕组。

（2）不起动，转动转子轴，有电磁振动感和噪声　这种情况说明主绕组（即磁极绕组）工作正常，而故障出在罩极圈上，可能是开路或罩极绕组绝缘已烧坏；也有因轴承损坏，定、转子之间的气隙不匀造成。

（3）空载时转速慢　这种情况的出现大都因小型罩极电动机的含油轴承缺油所致。罩极圈有故障。

（4）带负载时，转速不正常或难于起动　这一般是磁极绕组存在匝间短路，或对地短路故障，严重时也会熔断熔丝。另外，

可能是罩极绕组绝缘损坏。如是新修电动机，则可能是罩极绕组的位置，线径或匝数有误。

2. 小型鼓风机电动机绕组损坏的修理

小型鼓风机在使用中因其特性所决定，过载能力差，常出现绕组烧坏的故障。

小型鼓风机的主绕组采用分布绕组，辅助绕组只是几匝短路线圈，所以嵌线比较简单。更换主绕组时，如果考虑到做线模方便，则可将隐极式主绕组排成"迭式"，这样只需做一种尺寸的模芯。若初学者为了容易嵌线与外观美也可排成同心式。下线时区别于其它电机的是：待下好一个完整的磁极绕组后，再嵌另一个磁极绕组。

为保证起动绕组与主绕组间有45°相位，起动绕组的两只线圈边正好置于磁极中间的空槽中，另两边正好置于磁极绕组相邻的两槽中，如图4-11所示。

图4-11所示为定子铁心长$L=40$毫米、内径$D=74$毫米的单相鼓风机绕组展开图。其工作绕组每圈75匝，线径φ0.57毫米；起

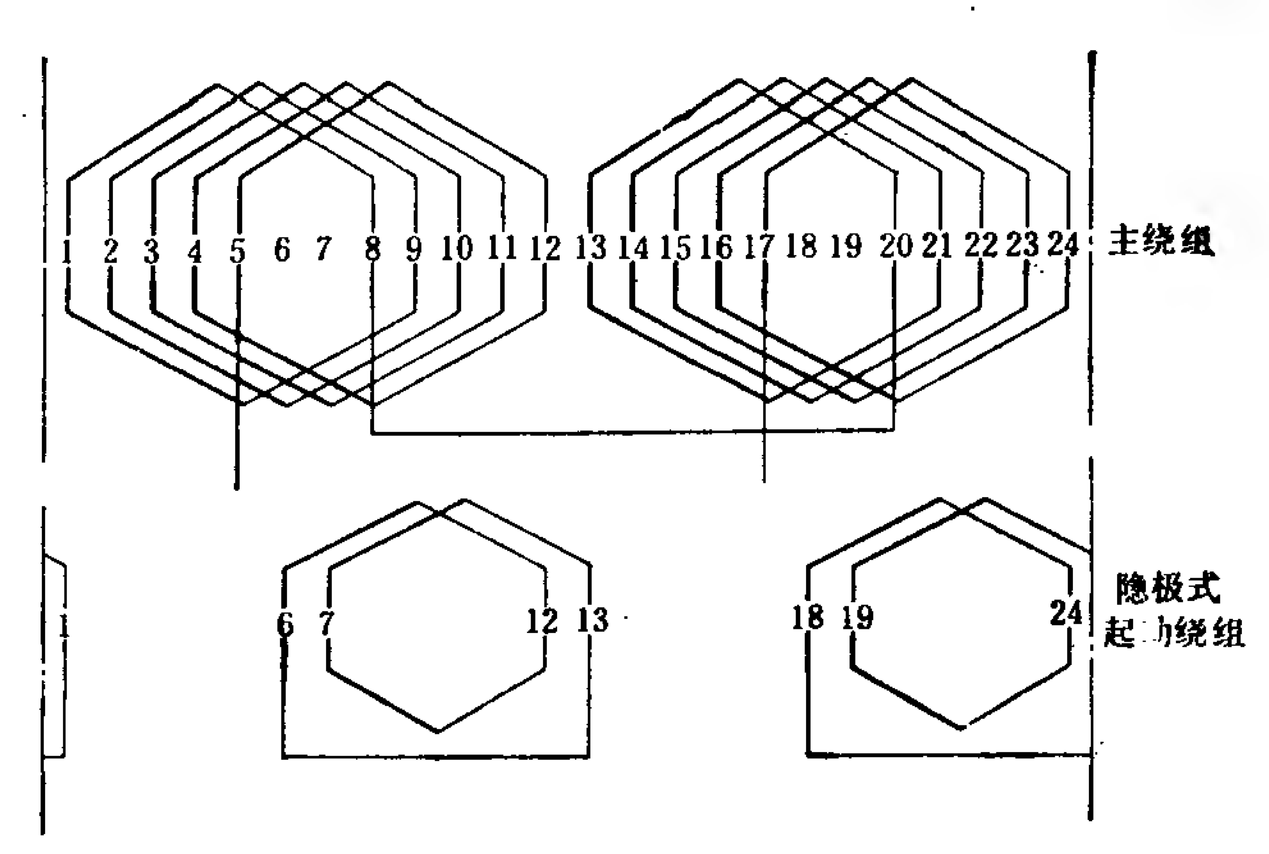


图4-11　24槽隐极式电动机绕组展开图

动绕组每圈4匝，线径φ1.40～φ1.50毫米。

单相鼓风机电动机，因其罩极绕组在起动后仍处在短路工作状态，故温度高，常因过热而烧坏绝缘。一般罩极绕组烧坏比较多，由于罩极绕组处在线槽的上层，修理比较方便。更换新短路线圈时，应除去原枯脆的绝缘物，在需要嵌线的槽中，重新垫好新绝缘。线嵌好后，在主绕组与罩极绕组间垫好相间绝缘，并扎牢实。

对于新换线的鼓风机，容易出现这样的情况：即在未装风叶前试转，起动比较困难，有的需用手轻转一下电机轴，这种情况属于正常；待装上鼓风机与风叶后，便很容易起动，转速也容易上去。

如果用手轻转电机轴后仍不起动，则应改变罩极绕组线径或改变罩极线圈的匝数，便会达到目的。

另一种情况是刚嵌线的电动机，空载不带风叶起动时，绕组发热起动欠好，遇到这种情况时。可改成带负载起动试一试。多数情况下带负载起动反而发热正常。

图4-12所示为16槽电机绕组展开图，其技术参数是，主绕组

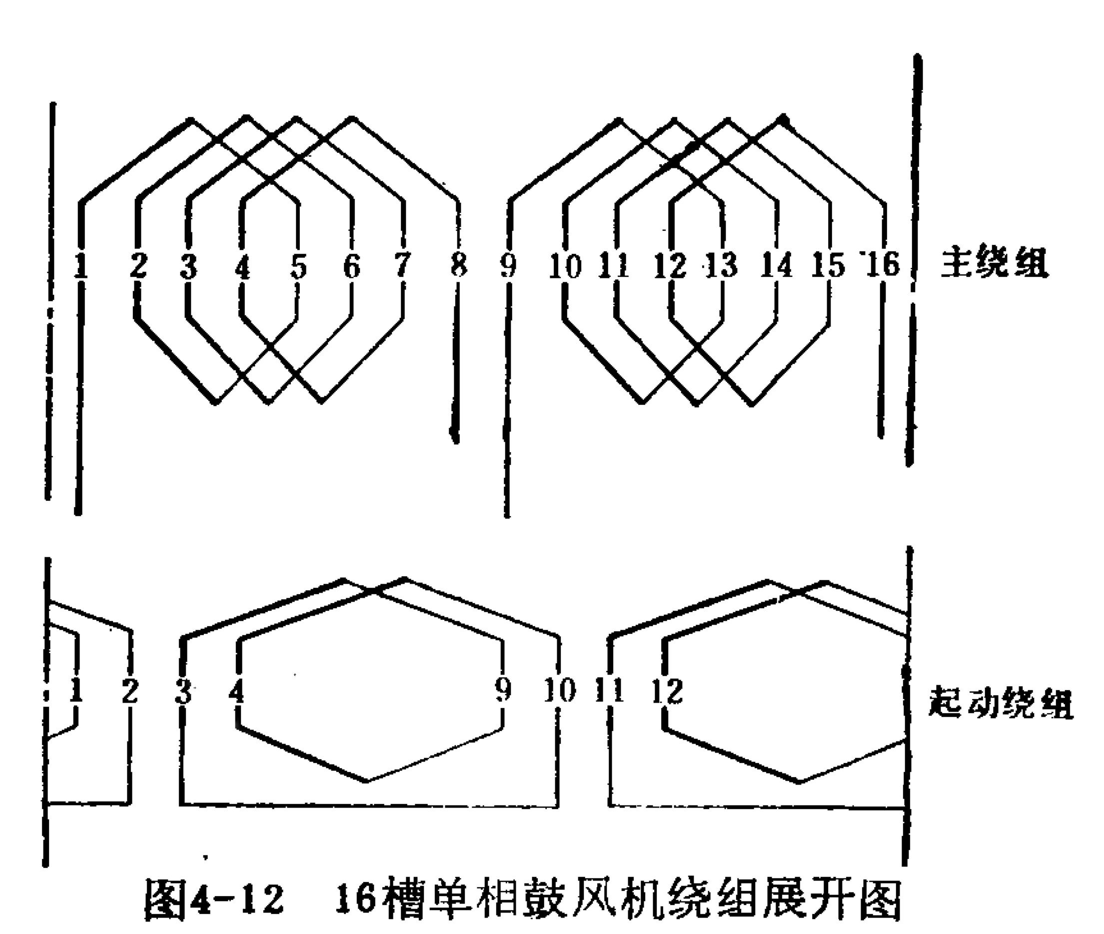


图4-12 16槽单相鼓风机绕组展开图

节距为4，1跨5，线径0.54毫米，120匝，起动绕组线径φ1.72毫米，4匝。空载时电流1.3安，满载时电流1.6安。

表4-1中列出了罩极式台扇电动机的技术数据，供修理时参考。

表4-1 罩极式台扇电动机的技术数据

型号规格	电压(伏)	频率(赫)	线径(毫米)	匝数	绕组只数	线重(千克)	备注
16AP	230	50	0.41	480	4	0.987	
	120	50	0.41	520	4	1.047	双进火
16AE	210	50	0.47	400	4		转速790
	105	50	0.47	400	4		双进火
16AL-37	210	50	0.41	6	0.875		转速800
	210	50	0.41	6	0.85		
	105	50	0.57	6			转速800
16AL-37	210～230	50	0.41	380	6		转速890
	130	50	0.47	230	6		转速870
16AL-54	105	50	0.41	360	6		双进火.转速910
	210	50	0.41	360	6		转速882
	210	50					转速878
36AC	210	50	0.916	175	14	1.00	转速400
	230	50	0.47	205			
	120	50	0.62	100			
	220～200	50	0.47	200			
	230	50	0.47	200		0.805	
	210 200/220	50	0.47	185		0.745	
	130	50	0.62	113		0.800	
42AC	105	50	0.72	80	14	1.063	转速360
	210	50	0.51	150	14	1.215	
	230	50	0.51	170	14	1.375	
	120	50	0.72	90	14	1.625	

型号规格	电压(伏)	频率(赫)	线径(毫米)	匝数	绕组只数	线重(千克)	备注
36CC	210	50	0.29	360			转速375
			0.29	360		2.5	
	210	50	0.29	360			转速385
			0.29	360		3	
42CC	210	50	0.31	300		2.5	转速350
			0.31	300			
	210	50	0.31	300			转速350
			0.31	300		3	
	210	50	0.31	300			转速354
			0.31	300		3	转速354
56AC	105	50	0.55	230	12	1.93	双进火
	230	50	0.55	250	12	2.2032	
	120	50	0.51	275	12	1.876	
	210	50	0.55	230	12	1.93	转速210

第五章　微型交流换向器电动机

一、微型交流换向器电动机的特点及用途

微型交流换向器电动机是指具有换向器的微型交流电动机。它主要分为单相串励电动机、交直流两用电动机和推斥式电动机等。

微型交流换向器电动机适用于高速、重量轻和具有串励特性的医疗器械、小型机床、电子仪器、家用电器及各种电动工具上，也可作伺服电机用。

它的特点是：

（1）高转速，一般在4000～12000转/分，还可以更高一些，当需低速工作时，可加装减速齿轮箱或用电子控制限速；

（2）调速方便，可用简单的方法调速；

（3）具有串励特性，起动转矩大，同时，转速随负载转矩增加而大幅度下降，但输出功率变化不大。

二、微型交流换向器电动机的基本结构

微型交流换向器电动机的结构相似于一般直流电动机。分为装入式、开启式和防护式。装入式适用于大量生产，成本低，便于根据特殊需要加装各种不同的外壳；开启式和防护式便于直接安装。

这种电动机有4个主要部分构成，即机座、磁场铁心、转子和端盖。如图5-1所示。

1．机座

防护式和开启式机座一般由钢板或铝制成，也有用铸铁制成的，磁场铁心用双头螺钉固定在机座上。而装入式电动机则无固定的机座形式，它的机座常常直接制成为机器的一部分，如电钻、冲击钻、打磨机等。

2．定子

由铁心和励磁绕组组成，铁心用厚0.5毫米硅钢片冲制的双凸极形冲片（如图5-2所示）叠压而成。励磁绕组用高强度漆包线绕制成集中绕组，嵌入铁心后再进行浸漆绝缘处理。

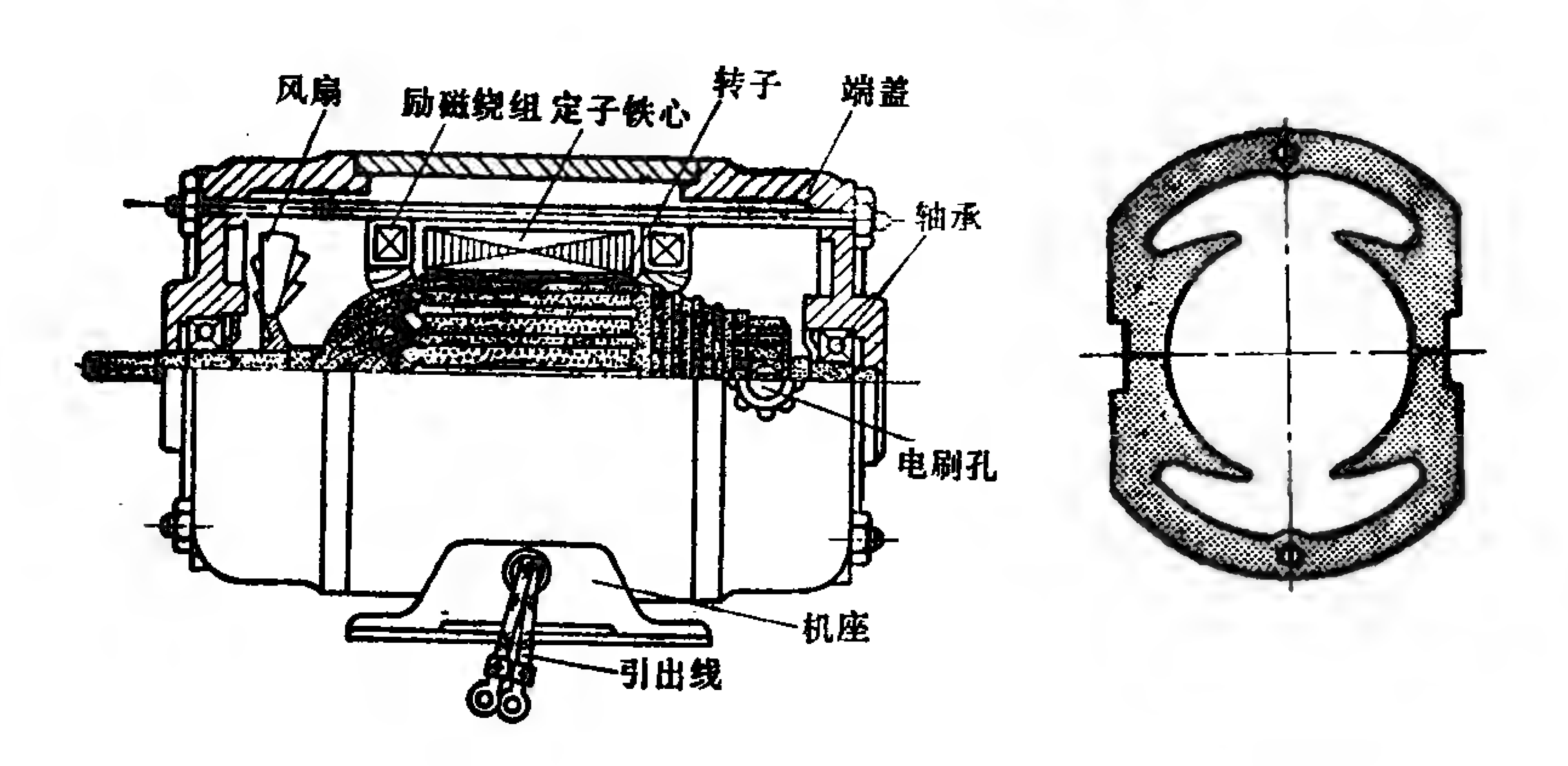


图5-1　微型交流换向器电动机结构图

图5-2　微型交流换向器电动机的定子冲片

3．转子

和小型直流电动机的电枢类似，由铁心、绕组、换向器、轴、风扇等组成，其中铁心和绕组部分常称为电枢。

4．端盖

和其它电机类似，用螺栓紧装于机座的两端，轴承或轴套装于端盖内孔。装入于电动工具内的电动机，其一端端盖常为机器

机身，另一端盖与手把连成一体，可以拆除。

此外，不同于一般单相电动机的明显特点是，在一端端盖上开有两个相对的圆孔或方孔，用来装设刷握，参阅图5-1。

三、微型交流换向器电动机的工作原理

微型交流换向器电动机，既能象直流电动机一样适用于直流电源，又能适用于交流电源。其原因是其励磁绕组和电枢绕组都是串联的，当接入交流电源时，励磁绕组和电枢绕组的电流随着电流的交变而同时改变方向。

当电流在正半波时，流经励磁绕组所产生的磁场和电枢绕组中的电流相互作用，其旋转方向按左手定则判定，如图5-3b所示。

当电流在负半波时，同样应用左手定则判定出电动机具有相

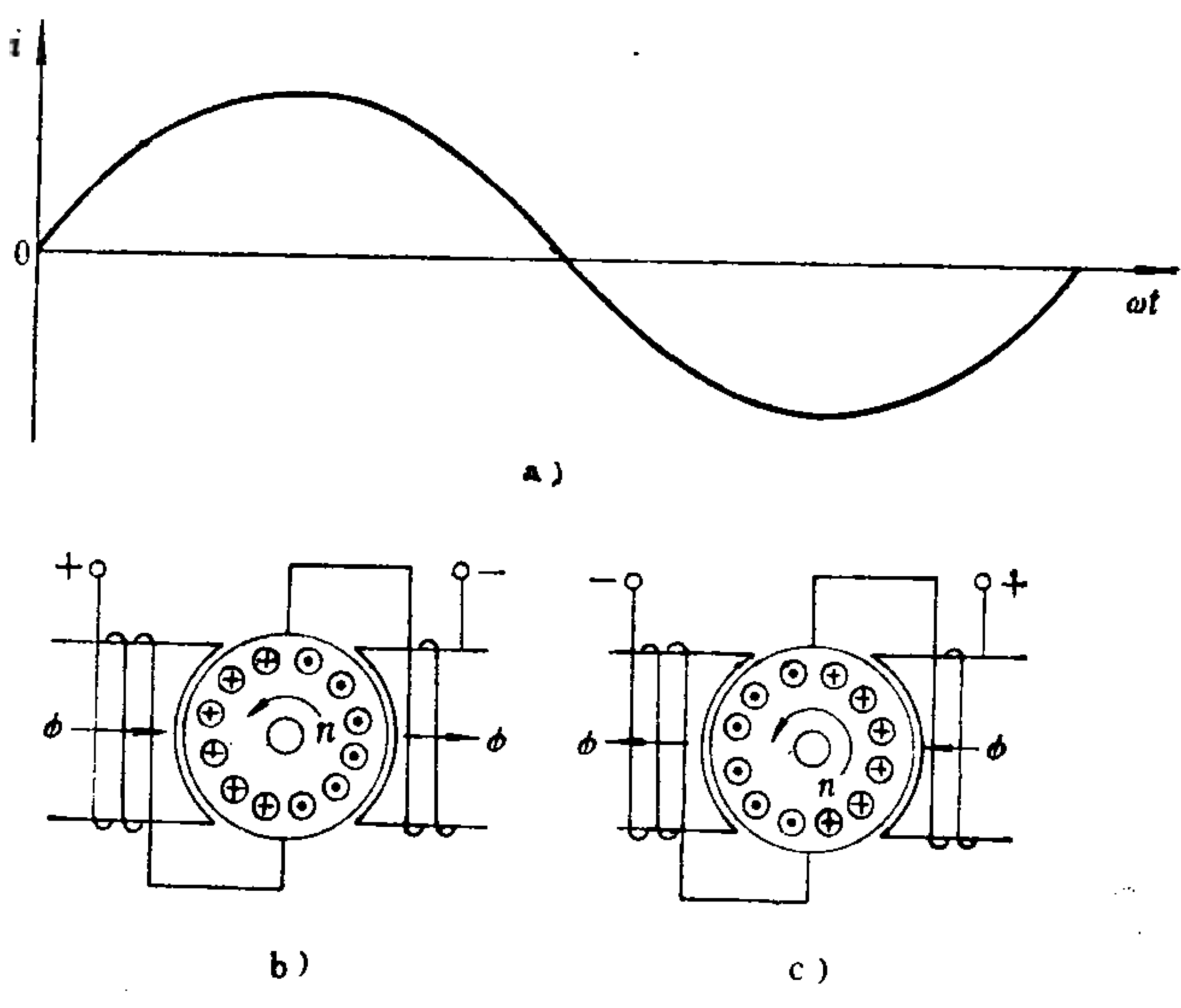


图5-3 单相串励电动机工作原理图

a）交流电流变化曲线 b）当电流为正半波时，转子的旋转方向

c）当电流为负半波时，转子的旋转方向

同的旋转方向，如图5-3c所示。因此串励电动机可以用于交流电源上。

微型交流换向器电机的励磁绕组与电枢绕组没有并联形式的，这是因为励磁绕组与电枢绕组若是并联接入交流电源时，虽然随着交流电正、负半波的变化，其磁极极性及电枢电流也随着改变，并且和串励时一样，也有相同的旋转方向，但由于并励绕组电压高、匝数多、电感量大、磁通与电枢电流存在着相位差等，转矩甚小，故无实际应用价值。

四、单相串励电动机的相量图和特性

单相串励电动机通入交流电时，其输入电流 I 在电动机中产生两个脉振磁通，即沿磁极轴线脉振的励磁磁通 ϕ_d 和沿极间中心线脉振的交轴电枢反应磁通 ϕ_q。由于铁心损耗及电枢绕组换向元件中的电流对励磁绕组的变压器作用，$\dot{\phi}_d$ 较 $\dot{I}$ 滞后微小的相位角 θ。励磁磁通 $\dot{\phi}_d$ 的脉振，在励磁绕组中感应的自感电势 $\dot{E}_{dt}$，根据感应定律 $\dot{E}_{dt}$ 比 $\dot{\phi}_d$ 滞后90°。交轴电枢反应磁通 $\dot{\phi}_q$ 的脉振，在电枢绕组中感应的自感电势 $\dot{E}_{qt}$，由于 $\dot{\phi}_q$ 与电流 $\dot{I}$ 同相，因此 $\dot{E}_{qt}$ 比 $\dot{\phi}_q$ 滞后90°。由于电刷位移或电枢绕组接头位移，励磁磁通在电枢绕组中产生的变压器电势 $\dot{E}_t$，$\dot{E}_t$ 较 ϕ_d 超前90°。当电枢旋转时，电枢绕组的导体因切割脉振的励磁磁通 ϕ_d，将在电枢绕组中产生旋转电势 $\dot{E}$，$\dot{E}$ 与励磁磁通 $\dot{\phi}_d$ 反相。

根据基尔霍夫第二定律，加于电动机两端点的交流电压 $\dot{U}$ 应与电势 $\dot{E}_{dt}$、$\dot{E}_{qt}$、$\dot{E}_t$、$\dot{E}$ 以及励磁绕组和电枢绕组中的电阻压降 $I(r_1+r_2)$、励磁绕组和电枢绕组中的漏抗压降 $I(x_1+x_2)$ 相平衡，所以，电势方程为

$$\dot{U}=-\dot{E}_{dt}-\dot{E}_{qt}-\dot{E}_t-\dot{E}+\dot{I}(r_1+r_2)+j\dot{I}(x_1+x_2) \tag{5-1}$$

根据上式画出的电势相量图，如图5-4所示；电路图如图5-5所示。

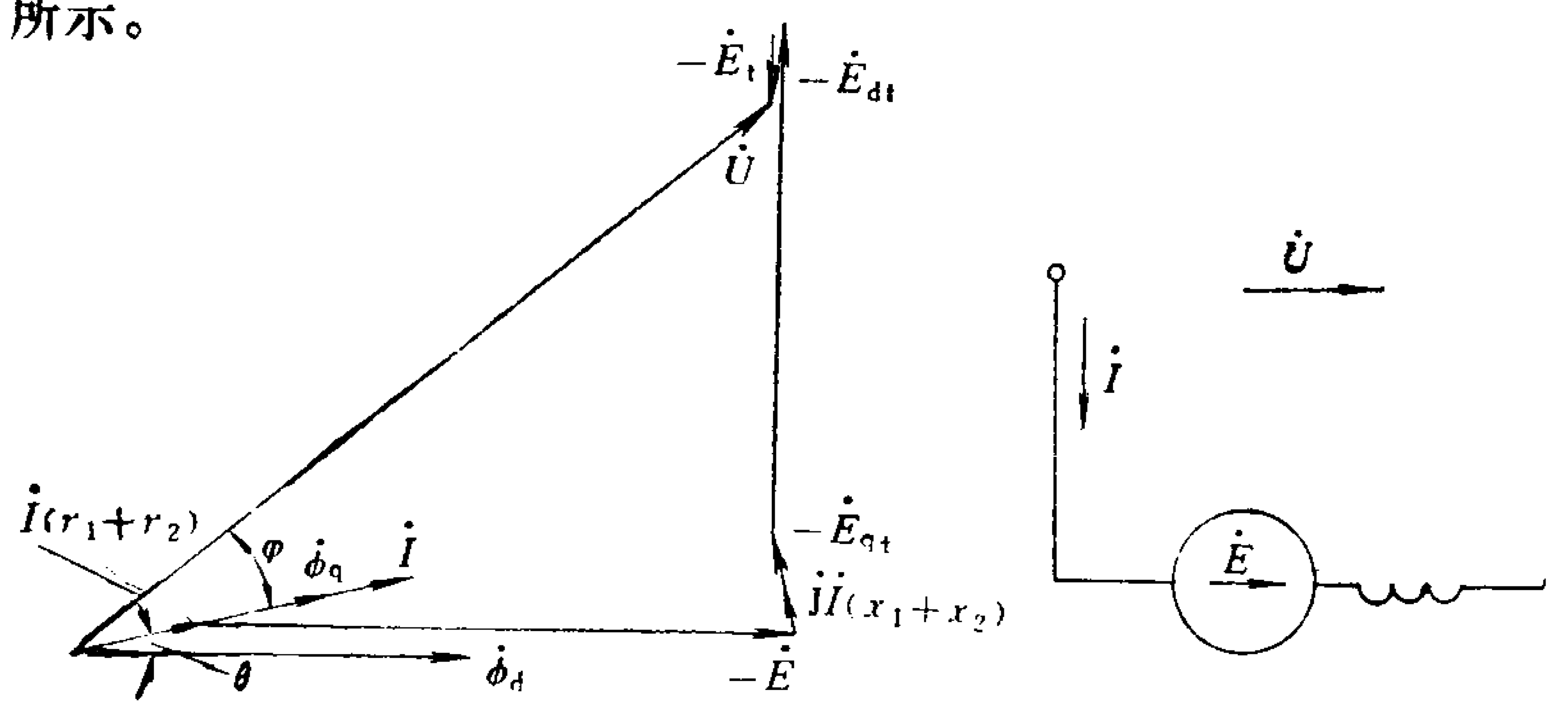


图5-4　串励电动机电势相量图　　　图5-5　串励电动机电路图

从相量图中可以分析出下面的基本电气特性：

（1）在励磁绕组和电枢绕组中的电势E_{dt}、E_{qt}等越小，则$\cos\phi$越大；而E_{dt}正比于励磁绕组匝数W_s，E_{qt}正比于电枢绕组导线数N_a，所以，当电动机功率因数达不到标准时，可适当减少W_s或N_a，使$\cos\phi$增大。

（2）单相串励电动机接在直流电源上，电枢的旋转电势为

$$E_{DC}=U-I(r_1+r_2) \tag{5-2}$$

单相串励电动机接在单相交流电源上，电枢的旋转电势（忽略微小的θ时）为

$$E_{AC}\approx U\cos\phi-I(r_1+r_2) \tag{5-3}$$

所以，$E_{DC}>E_{AC}$；$n_{DC}>n_{AC}$。为了使$n_{DC}\approx n_{AC}$，当电动机接在直流电源上时，需增加励磁绕组匝数，以增大磁通，一般增加的匝数串在每个交流励磁绕组的出线端，如图5-6所示。

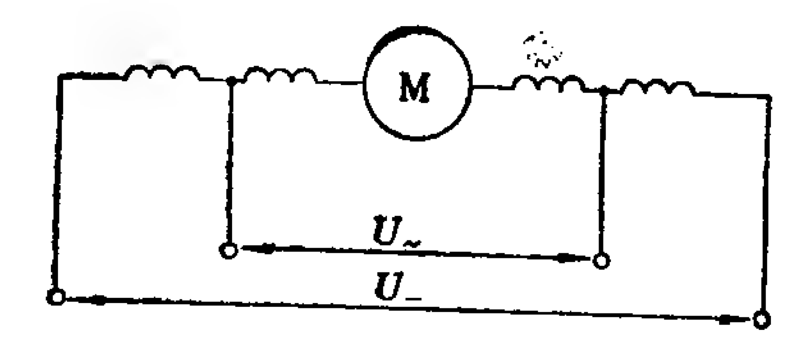


图5-6　交直流两种电压下的接线图

（3）电动机额定转速在10000转/分以上的串励电动机，由于$\cos\phi\approx1$，因此，不增加励磁绕组匝数亦可在交、直流两种电源下得到近似的运行性能。

五、微型交流换向器电动机的常见故障与处理方法

由于串励电动机转速很高，转子绕组中电流急剧改变方向，转子又处于电动机中心，散热困难，温度很高。所以常见到的故障大都是转子绕组产生的。

转子绕组故障，常见的有短路、断路和接地。其表现为不能起动，转速慢，转矩变小，声音不正常，振动，高热以及炭刷与换向片间产生很大的环火及跳火等。

转子绕组短路、断路和接地检查的方法很多，常用检查片间电压来分析：

如图5-7，将低压直流电源（如干电池）接于相隔180°电角度的换向片上，用一只毫伏表依次测量两相邻换向片间的电压降。如绕组没有故障，则测出的片间电压的毫伏数基本上一样大；如某个线圈有短路，则毫伏表跨接该线圈头尾所接的两相邻换向片电压降将显著减少；如果线圈接头与换向片脱焊或线圈断路，则测量该线圈头、尾的电压降将显著增大；如果某线圈头与尾接错，如图中"A"所示，用毫伏计测量反接线圈前的两个换向片、其读数是测量反接

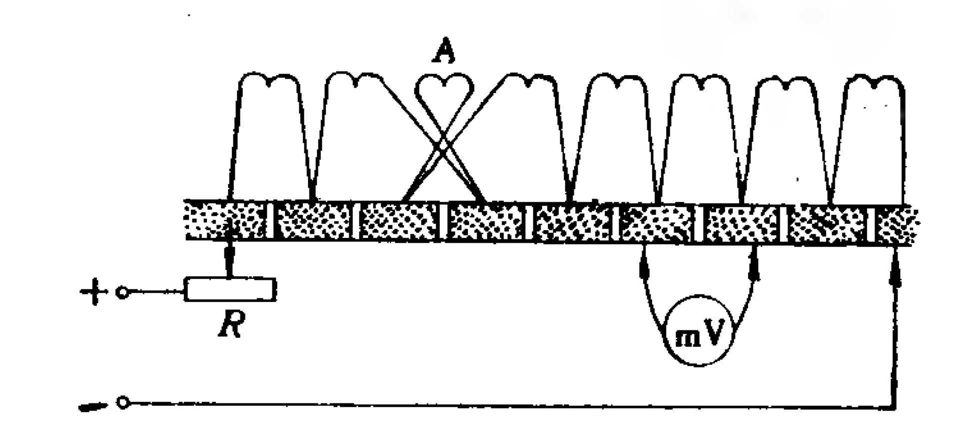


图5-7 片间电压检查法

线圈后的两个换向片读数的两倍，而测量反接线圈本身时，毫伏表指针则反转。由此可知，用测量换向片间电压的方法，分析毫

伏表电压数值来判断绕组的故障类型是切实可行的。

单相串励整流子电动机的常见故障与处理方法分析如下：

1．通电后、电动机不转

（1）电源线断路或短路　可用万用表或检验灯检查，必要时更换一根新电源线。

（2）开关损坏或接触不良　用万用表查出后修理或调换开关。

（3）炭刷和换向器之间接触不良　调整弹簧压力，更新炭刷或用干布、细砂布打磨换向器表面，以改善其接触情况。

（4）定子绕组断路　如果断路点在绕组的引线部位或距引线匝数极少部位而又难于查出时，可抽出一匝线作为新引线重焊；若断线在距引线匝数较多的部位或线圈已烧毁，则需重新绕制。

（5）转子绕组开路　若是引线脱焊或断开，则可焊接复原；若线圈的线匝断在铁心槽内，只有重新绕制。

（6）电动工具电动机主轴齿轮磨损或齿轮箱内齿轮损坏　这种齿轮磨损只有更新。检查时应先脱开传动齿轮，试转动电动机部分看其是否传动正常。

2．转速明显减慢

（1）转子绕组短路和断路　用短路侦察器检查，短路严重或断路在槽内时都应重绕。

（2）定子磁极绕组接地或短路　接地问题可用兆欧表查出。绕组短路严重时有焦臭味，绕组表面颜色明显变深或烧黑，故障点若在引线附近可修复，严重者需重绕。

（3）轴承和齿轮损坏　查出轴承损坏或电动工具传动齿轮损坏的应及时调换。

3．炭刷下火花较大

（1）定转子绕组可能短路和断路　用片间电压法检查排除，

严重的要重绕。

（2）炭刷与换向片接触不良　弹簧压力不合适，调整弹簧压力，如是换向器表面不光滑，应打磨换向器表面。

（3）炭刷规格不符　更新炭刷时应注意与原规格相符，否则火花大且整流子磨损大。

（4）负载过重　调整负载，电动工具应查变速齿轮或轴承是否完好，查电动工具本身是否功率偏低。

4. 电机在运转时发热

（1）定、转子绕组短路会发热，严重者需重绕。

（2）弹簧压力过大或轴承过紧会发热，应作调整。

（3）负载过大时发热，如果是电动工具，则应调换容量较大的来替用。

六、单相电钻绕组的修理

单相电钻是微型整流子电动机的一种应用。主要有微型串励整流子电动机、减速齿轮箱、快速自动复位手揿式开关、钻轧头等部分组成，其结构如图5-8所示。

1. 定子绕组重绕

电钻的定子励磁绕组属集中绕组。绕制前将原定子绕组取出，用两块木板夹住，然后用台钳压平，拆去纱带等绝缘物，量出绕组模子的尺寸，数清匝数，量出导线线径，再绕制新绕组。

接线时应注意，两磁极线圈和直流电机一样，是互相串联的，即头一尾相接，两极性相反，如图5-9所示。

接好连线后，可用右手螺旋定则按图中的电流方向，手握磁极线圈，分别判断出两线圈的磁场方向，具体判断方法请参考第二章图2-18。接线正确时，两磁场 ϕ_1 与 ϕ_2 的方向一致，这样，在靠近电枢的两磁极极面上形成相反的极性N和S。

图5-8　J1Z型电钻结构图

2. 转子绕组的重绕

电钻转子绕组发生的故障多于定子，绕制时也比较困难一些。其故障的分析与处理参阅上节内容进行，在转子绕组烧损严重时，则需重新绕制。绕制步骤如下：

（1）记录数据　要完整地记录下绕组各项数据，以免数据不全造成重绕时的困难。需记内容有：转子槽数、换向器片数、绕组节距、每个线圈匝数、导线线径、缠绕形式、

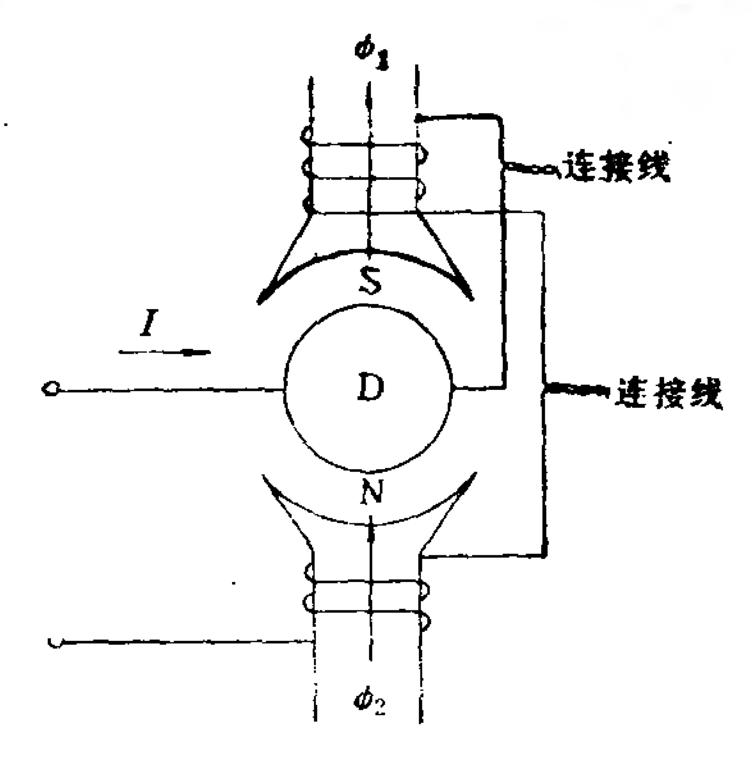


图5-9　磁极线圈的正确接线图

线头焊接位置。特别要记明槽中的线圈引线头焊接在铜换向器片上的位置，线头焊接的位置与原来不符时，炭刷下的火花将增大。

（2）拆除旧绕组　先将转子绕组加热，等绕组变软后，再将缠在绕组外面的扎线拆去。这时，各槽线圈的引线头与整流子的焊接位置一目了然，应着手作图记录。然后，再将绕组的一端剪断、拉出，并清理槽绝缘。也可采用冷拆法拆除。

（3）检查和修理换向器的故障　换向器的检查内容：一是查片间绝缘，二是查对地绝缘。查前，用电烙铁等工具加热去除焊锡等污物，然后用摇表或灯泡法查找故障点。

对地绝缘检查用500伏摇表方便。也可用灯泡法：将220伏电源的地线接在转子铁心或转轴上，相线串入一只220伏75瓦以上的灯泡后，接一测试棒，依次接触每个换向片，如触到某换向片灯泡发亮时，仔细观察换向片绝缘处部分有无红色火花冒出，或绝缘发红，由此可找出接地处，做好标记。这时可用小锯条将发红或冒火的绝缘挖除，再用试验灯反复测试，反复挖除，直至不亮为止，接地消除后，可用环氧树脂胶填充。

换向器的片间绝缘检查：用灯泡法比较方便。依次将两测试棒接触相邻换向片，若灯泡不亮，证明片间无短路；若灯泡亮，说明换向器片间短路，并可看出两片间有云母发红或冒红色火花，用手锯条制成的小钩将该处云母挖除，用灯泡复查，直至不亮为止，则说明短路消除。

（4）垫槽绝缘　槽绝缘的尺寸视槽形而定，用聚酯薄膜青壳纸裁剪。铁心两端外露的转子轴部分，必须用绝缘带（玻璃丝带、黄蜡绸带）包缠数层，长度适宜，使绕组与地绝缘。

（5）缠绕线圈

1）绕组节距的复算　在修理中一般是按记录下的旧绕组节

距缠绕，必要时，可进行复算。

由于电钻一般均做成两极电机、双层绕组，因此槽节距 y 为

$$y = \frac{Z_2 - 1}{2} \tag{5-4}$$

双数槽转子时

$$y = \frac{Z_2 - 2}{2} \tag{5-5}$$

式中，Z_2为转子总槽数。

2）缠绕型式　转子绕组一般用手绕。手绕的方式有迭绕式与对绕式两种。

①迭绕式　单数槽、双数槽迭绕方法一样。如某转子槽数 $Z_2 = 9$，绕组节距 $y = \frac{9-1}{2} = 4$，即跨距 1～5，如图 5-10 所示。缠绕时，首先在 1 号槽与 5 号槽之间绕第一个线圈，接着在 2 号与 6 号槽之间绕第二个线圈，依次缠绕，直到第 9 个线圈绕完为止。注意引出线圈结的留法。

这种方法比较简单，但每个线圈的端部长度不一致，因此转

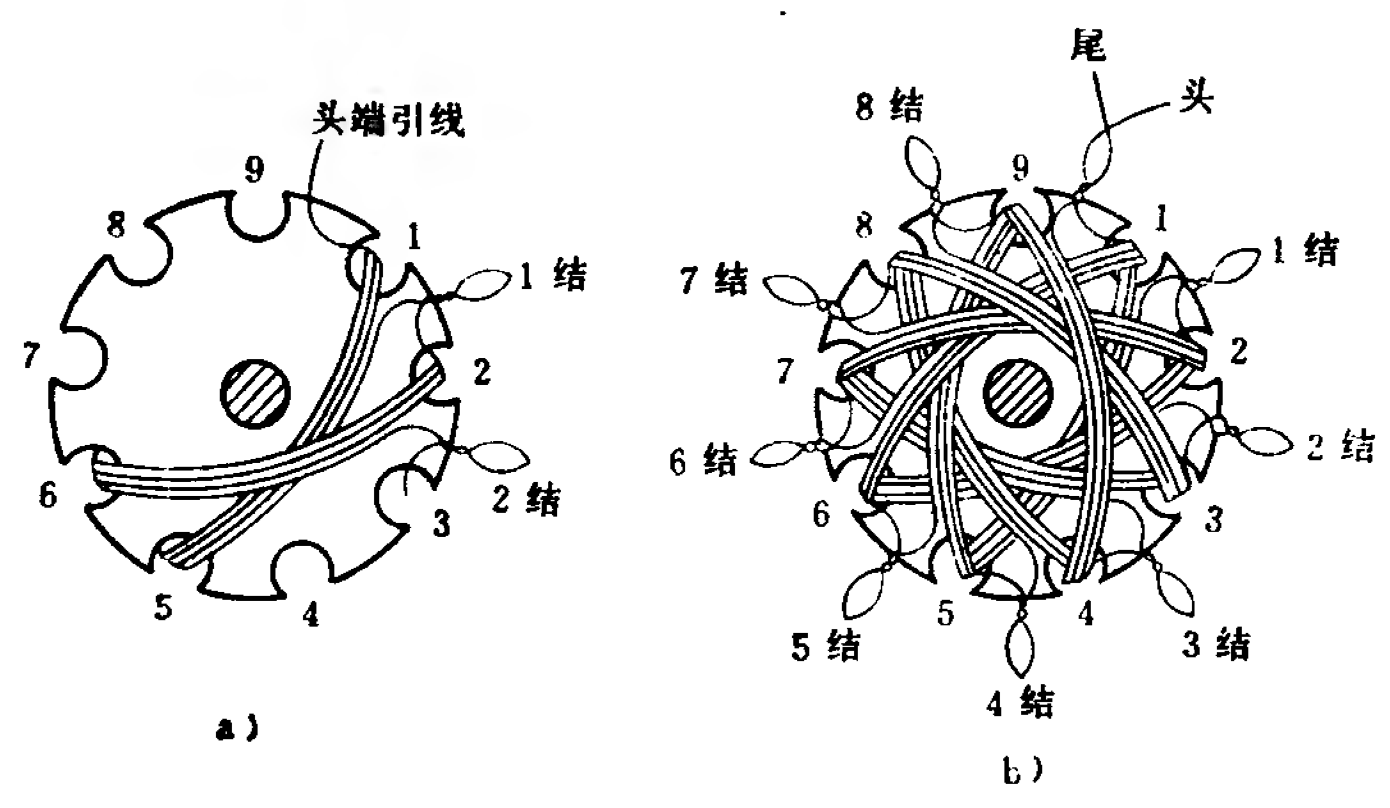


图5-10　电枢绕组迭绕式绕线顺序

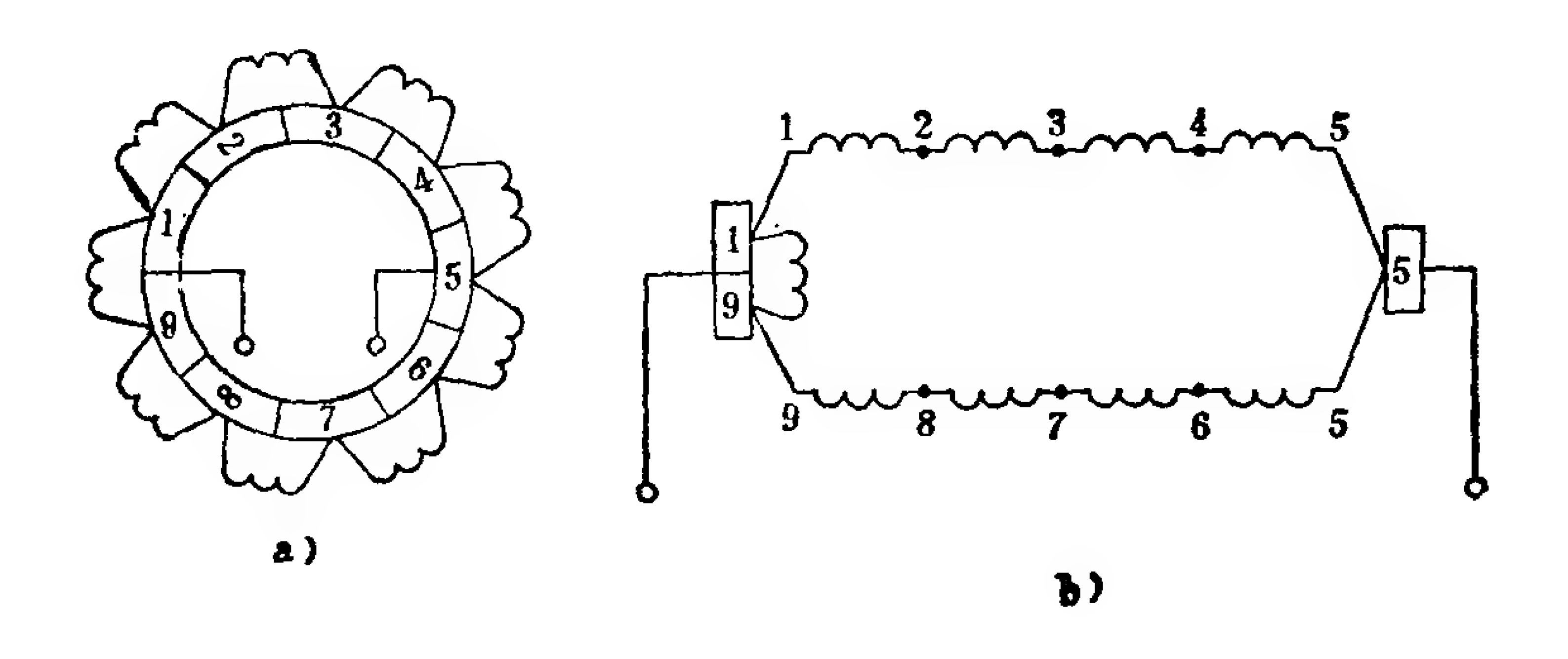


图5-11　转子绕组两路并联图

a）转子绕组端部接线图　b）转子绕组两路并联电路图

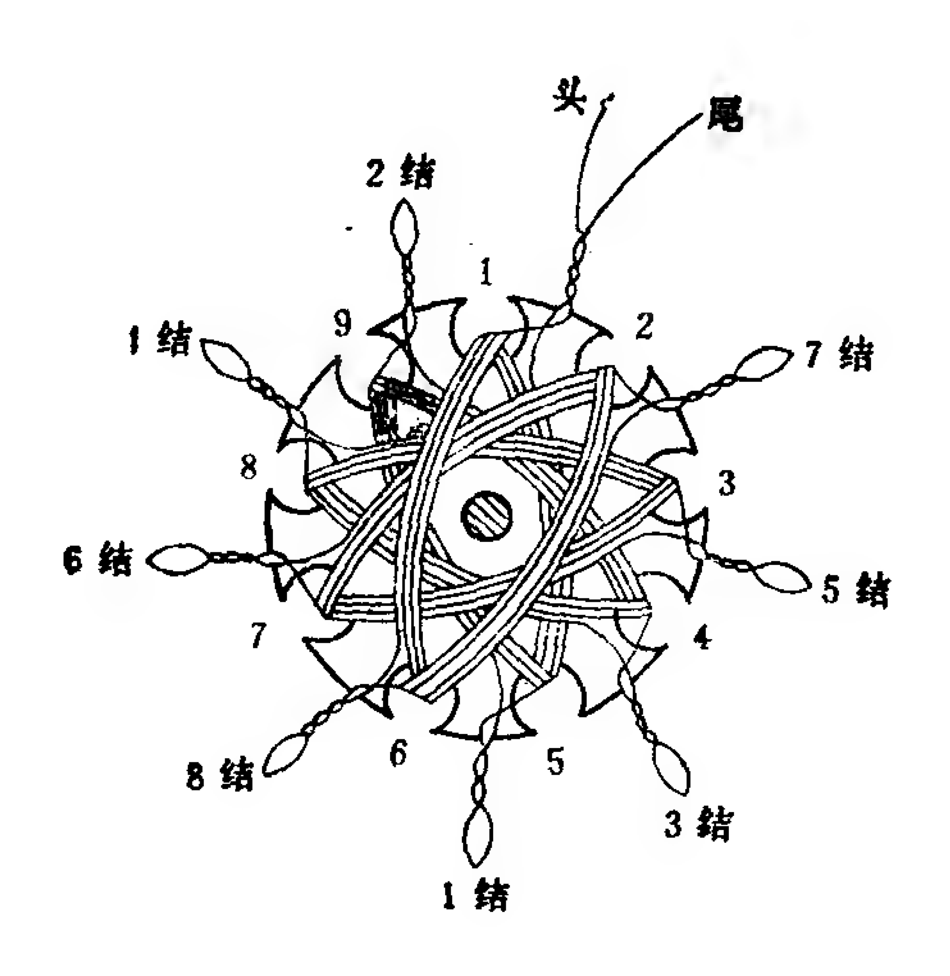


图5-12　电枢绕组对绕式绕线顺序

子绕组的两条并联支路（如图5-11所示）流过的电流将不平衡。由于端部重量不能均匀分布，容易造成转子振动。

②对绕式　例如槽数$Z_2=9$、节距$y=4$的转子绕组，如图5-12所示。绕线时，首先在1号槽与5号槽之间绕第1个线圈，然后在5号槽与9号槽之间绕第2个线圈。接着依照（9-4)、(4-8)；(8-3)、(3-7)；(7-2)、(2-6)；(6-1）的次序绕下去，直至仍回到第1号槽绕组闭路为止，即为结束。

对绕式缠绕的优点是端部长度一致，均匀平整，支路电流平衡。其缺点是绕线和焊接引线工艺较复杂，特别是当转子为双数槽时，更要仔细，否则极易绕错。

3）缠绕方法　缠绕时应注意以下几个事项：

①　根据原始记录或自己选定的型式确定绕线型式。

②　绕前一定搞清绕向。绕向直接关系到转子的旋转方向。如果新绕转子线圈的绕向反了，那么它的旋转方向也将变反，而且发生火花。绕向常分为“向右绕”或“向左绕”,或为“顺绕”与“逆绕”。

以上两点搞清后，即可着手绕线圈。

③　确定好引线位置。一只线圈绕完后要抽出引线，并打圈结。引线留在左或留在右，一要依照原来的样式，二要考虑到在换向器片上的位置。

④　如果转子绕成后，发现绕向反了，且火花较大时，可以对调电刷接线试一试。

⑤　一般电钻转子上换向器的片数为槽数的3倍，而线圈数等于换向片数。例如转子铁心槽数$Z=9$，则线圈数=换向片数(27)，而每槽有6个线圈边。缠绕时,不论采取迭绕或对绕形式，绕线均可用单绕或3根并绕的方式缠绕。

单绕指用单根线缠绕线圈，当圈数绕够后,把线头留在槽外，

扭成麻花形成圈结，继续在同一槽内开始绕第二只线圈，留线头、圈结，再绕第三只线圈。但必须注意，第一、第二、第三各线头应用不同颜色的套管加以区别，或以线头引出的长短来区别。如图5-13所示。这种方法适合初学者。

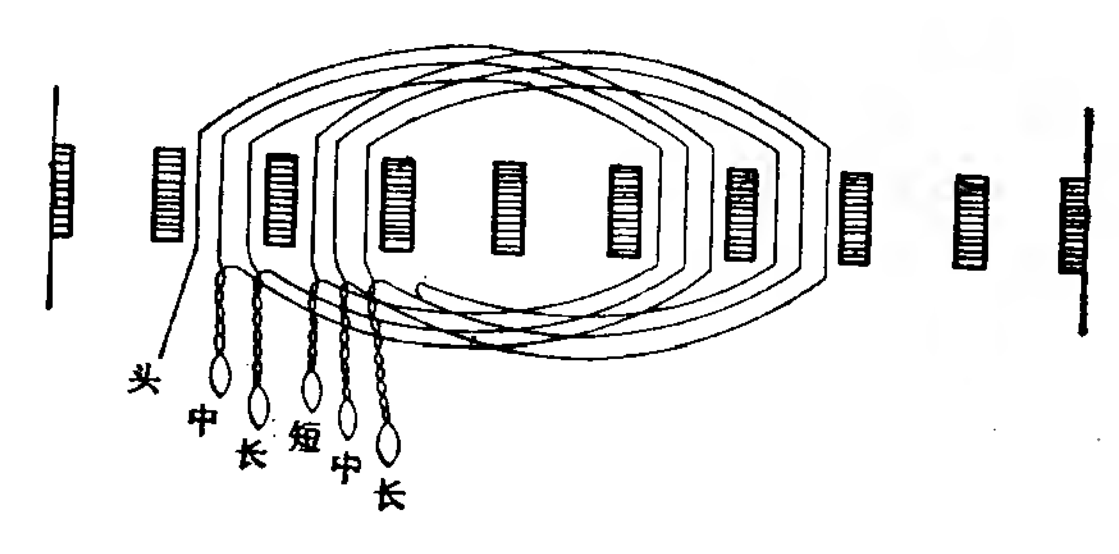


图5-13　电枢绕组抽出线头的区别方法

3根并绕是用3根导线并列缠绕，同时绕出匝数相同的3只线圈。用这种方法绕线最快，但线头比较乱，容易搞错。每当线圈绕够时，须把每个线圈的头端引线与尾端引线暂时拧在一起，待整个绕组绕完后，再依次将每个线圈的头和尾焊到相邻的两片换向片上。各线头线尾用万用表查出来。

（6）焊接　转子绕组的焊接，一般是借助万用表边查边焊。焊前检查各线线圈是否有短路、断路故障，并在引出线和线圈端部之间垫以绝缘，如黄腊绸等。

焊接的位置应按原始记录为准，不能改变，以免产生火花。在没有记录下原始位置时，可以这样决定焊接位置，首先确定转子的旋转方向（若齿轮箱内齿轮数是单数，转子旋转方向必然和轧头旋转方向相反；若齿轮数是双数，转子旋转方向和轧头旋转方向一致）。然后按转子旋转方向将线头偏斜到1.5～2片换向片处焊接。

一般在焊接线头时，总按转子旋转方向偏斜1.5～2片换向片，而不是直接焊到线头所对应的换向片上，其目的就是为了减少电刷下的火花。焊接时应准确地将线头焊于换向片线槽的底部。

转子线头的焊接有3种类型，在拆除绕组与焊接时应加以注意：

1）对正焊接　有的转子线圈线头焊在正对线槽中心线的位置，如图5-14a所示。这种情况下，电钻内部磁极与炭刷架所对位置已作调正，与偏斜1.5～2片焊接的电钻有所不同。

2）顺偏焊接　转子整流子面对自己沿顺时针方向旋转的电钻，应在沿顺时针方向偏斜1.5～2片换向片处焊接，如图5-16所示。

3）反偏焊接　指转子沿反时针方向旋转的电钻，将线头焊接在沿反时针方向偏斜1.5～2片的换向片上，如图5-16c所示。

（7）试验、绑扎和绝缘处理　焊接好的电钻转子，应将各换向片焊接处杂物或高出部分剔除干净，再用酒精或汽油纱球清洗干净并晾干；然后，用灯泡法或500伏摇表测对地绝缘电阻，正常时，对地绝缘电阻不低于1.0兆欧。用扇形绝缘物覆盖在整流器一端的各线圈引线上，并用弦线按原样牢固地绑扎好。

微型换向器电机转子的转速高，所以对绝缘处理要求也高，浸漆要认真，烘焙温度要足够，时间要充裕，待漆干牢固后，方可装机试用。

3．各类电钻技术数据

各类电钻使用的电压有220伏、110伏与36伏共3种，220伏单相串励电钻电动机的技术数据如表5-1所列。110伏与36伏单相串励电钻电动机的技术数据如表5-2所列。

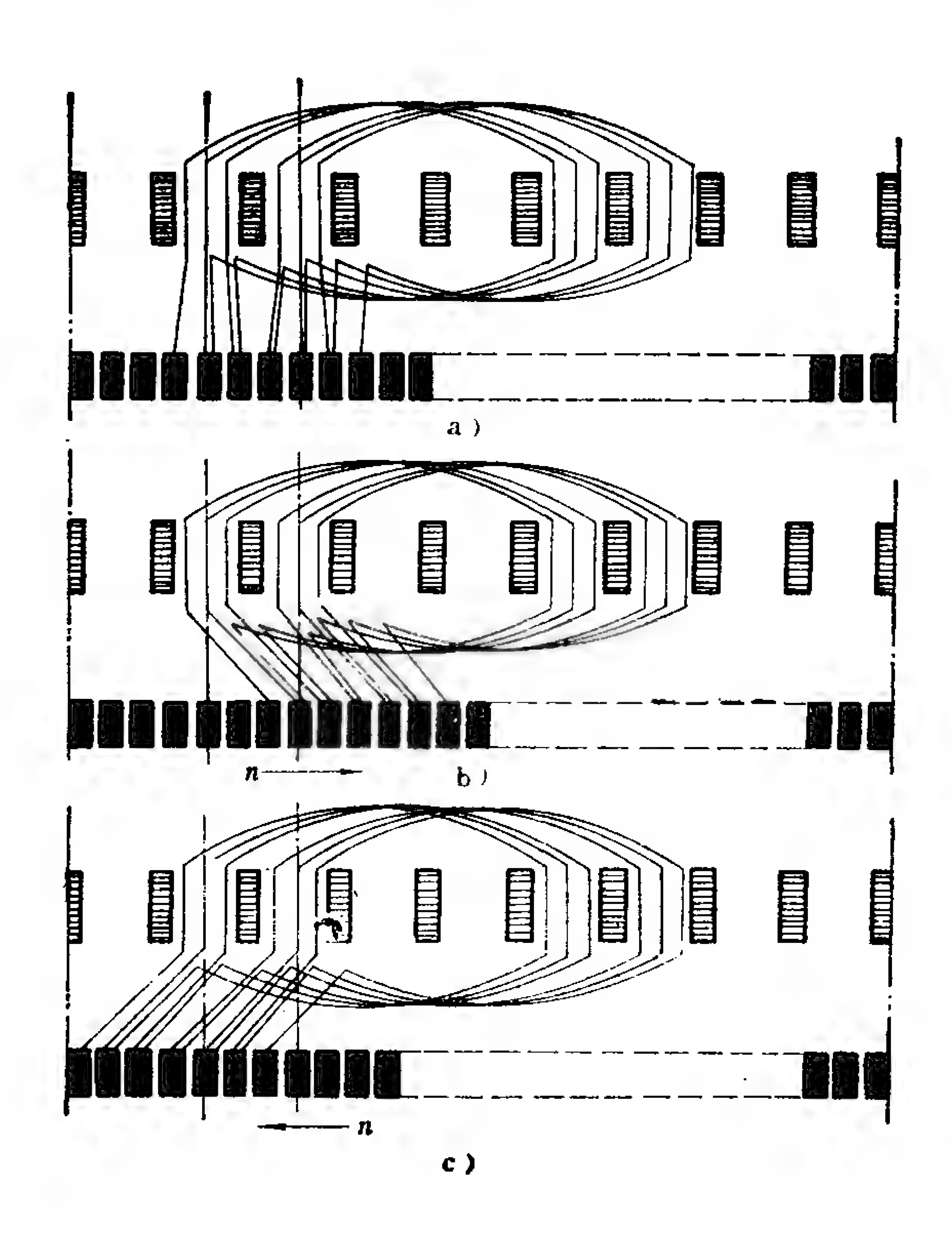


图5-14　电钻转子线头焊接位置

a）电钻转子线头对正槽中心焊接　b）转子沿顺时针方向旋转时，线头焊接位置　c）转子沿逆时针方向旋转时，线头焊接位置

表5-1 220伏单相串励电

规格	输出功率（瓦）	额定电流（安）	额定转速 电机/轧头（转/分）	负载持续率（%）	定子 外径（毫米）	定子 内径（毫米）	定子 铁心长度（毫米）	定子 气隙（毫米）	定子 线径（毫米）	定子 每极匝数
6毫米	80.3	0.9	12000/870	40	61.4 60.4	35.4	34	0.3	Q0.38	244
			12000/870		60.8	35.3		0.35	QZ0.31	256
			13000/940		61.7 60.6	35.4		0.4	Q0.31	262
10毫米	130	1.2	10800/540	40	73	41	40	0.35	QZ0.38	198
	140	1.4	11500/570		75	42.7	37	0.35	QZ0.44	170
13毫米	180	1.9	9750/390	40	84.5	46.3	45	0.4	Q0.51	180
	185	1.8	10000/400		85			0.35	QZ0.51	150
		1.8			85			0.35	QZ0.51	150
		1.95			4.7			0.425	Q0.51/0.56	164
19毫米	330	3.0	9000/268	40	95	54	48	0.45	Q0.72	120
	440	3.6	9000/330	60	102	58.7	46	0.5	QZ0.77/0.83	100
13毫米	204	2.2	8500/442	60	95	50.9	41	0.3	QZ0.51	140
16毫米	240	2.5	8500/333	60	95	50.9	46	0.3	QZ0.62	140

绕组尺寸						转子(双层迭绕组)						电刷	
A	B	a	b	c	R	槽数	线径(毫米)	每槽导线根数	每绕组匝数	绕组节距	换向器片数	型号	尺寸(毫米)
45.5	52	35.5	42		3							DS-74B	6.5×4.3
46	55	31	41	6	—	9	QZ0.23	252	42	1～5	27	DS-8	6×4.3
48	54	36	42		—							DS-83	6.5×4.3
58	61	43	46	7	—	12	QZ0.27	156	26	1～6	36	DS-8	12×5
48.5	55	36.5	43	6	—	13	QZ0.29	144	24	1～7	39		4×8
63	74	43	54		4		QZ0.38	132	22				12×5
60	70	44	52	8	4	12				1～6	36	DS-8	12×5
60	70	44	53		—		QZ0.35	138	23				12×5
63	74	43	54		4							DS-14	12×5
70	74	58	58	8	6	15	QZ0.51	84	14	1～7	45	DS-748	15.5×5
76	72	59	55	8.5	—		QZ0.47	72	12			DS-8	16×5
51	56	—	—	9	—	13	QZ0.35	120	20	1～7	39	DS-8或DS-14	12×5
51	62	—	—	9	—	13	QZ0.41	102	17	1～7	39	DS-8或DS-14	12×5

表5-2　110伏、36伏单相串励电钻电动机的技术数据

规格	电压（伏）	电流（安）	定子绕组		转子绕组				换向器片数	电枢绕组图
			每极匝数	电磁线（QZ）线径（毫米）	节距	每槽线数	每绕组匝数	电磁线（QZ）线径（毫米）		
6毫米	110	1.85	131	0.44	1～5	126	21	0.33	27	8 9 1 2 3 4 5 6 7 4槽下层3和 1槽上层1 至4槽 下层3 至3槽上层1 1 2 3 4 5 6 16 17 18 5槽下层2和 1槽上层3 5槽下层1和 1槽上层2 左　右
	36	5.6	42	2-0.55	1～5	42	7	2-0.41	27	

(续)

规格	电压（伏）	电流（安）	定子绕组		转子绕组				换向器片数	电枢绕组图
			每极匝数	电磁线(QZ)线径(毫米)	节距	每槽线数	每绕组匝数	电磁线(QZ)线径(毫米)		
10毫米	110	2.4	100	0.55	1～6	78	13	0.38	36	
	36	7.2	35	2-0.66	1～6	26	6.5	0.69	24	

12 1 2 3 4 5 6 7 8
至5槽下层3
至3槽上层1
1槽上层1与5槽下层3
1槽上层2与6槽下层1
1 2 3 4 5 6
1槽上层3与6槽下层2
左 右

（续）

规格	电压（伏）	电流（安）	定子绕组		节距	转子绕组			换向器片数	电枢绕组图
			每极匝数	电磁线（QZ）线径（毫米）		每槽线数	每绕组匝数	电磁线（QZ）线径（毫米）		
13毫米	110	3.7	75	0.69	1～6	72	12	0.51	36	
	36	11	25	3-0.69	1～6	24	6	0.51 0.69 各1根	24	

12 1 2 3 4 5 6 7 8
至5槽下层3
至3槽上层1
1槽上层1与5槽下层3
1槽上层2与6槽下层1
1 2 3 4 5 6
19 20 21
1槽上层3与6槽下层2
左 右

(续)

规格	电压(伏)	电流(安)	定子绕组		转子绕组				换向器片数	电枢绕组图
			每极匝数	电磁线(QZ)线径(毫米)	节距	每槽线数	每绕组匝数	电磁线(QZ)线径(毫米)		
19毫米	110	7.2	60	0.51 0.55 0.71 各1根	1～7	36	9	0.44 0.47 各1根	30	